astronomie HEUTE

astronomie HEUTE

Raumfahrt ... Kosmos ... ScienceFiction

60463 4 196046 306506 11

www.astronomie-heute.de
11/2007
Euro 6,50
sFr 12,50

SKY & TELESCOPE
DEUTSCHE AUSGABE

Schwarze Löcher

- Warum sie die Architekten des Alls sind
- Wie sie Raum und Zeit verzerren
- Was Astronauten beim Anflug widerfährt

MISSION DAWN

Den Geheimnissen des Asteroidengürtels auf der Spur

GOOGLE SKY

Besser als andere Planetariums-Software?

ZUKUNFT DER RAUMFAHRT

Welche Technologien die Reise zu fernen Sonnen möglich machen

SCIENCEFICTION

Die Aliens kommen: im neuen Kinofilm »Invasion«

Oliver Dreissigacker
Redaktionsleiter

Happy Birthday »Black Holes«!

Liebe Leserinnen und Leser,

wussten Sie, dass der Begriff Schwarzes Loch dieses Jahr ein kleines Jubiläum feiert? 1967 prägte John Archibald Wheeler den Namen – ein Professor in Princeton, der sich damals dem Phänomen widmete. Die Geschichte jener Exoten ist jedoch viel älter: Bereits 1783 dachte der britische Naturforscher John Michell, der Begründer der Seismologie, und 13 Jahre danach der französische Mathematiker und Astronom Pierre Simon Laplace über »dunkle Sterne« nach. Diese sollten so viel Schwerkraft entwickeln, dass selbst Lichtteilchen ihnen nicht entkommen können.

Wenig später feierte jedoch die Wellenoptik einen Sieg nach dem anderen; Licht in Teilchenform dagegen führte über etliche Forschergenerationen hinweg ein Schattendasein, und damit auch die Schwarzen Löcher. Bis zu den revolutionären Arbeiten von Albert Einstein, der 1915 die Allgemeine Relativitätstheorie vorstellte. Sie besagt unter anderem: Lichtstrahlen werden in einem Schwerefeld abgelenkt. Auf dieser Grundlage berechnete Karl Schwarzschild, einer der Wegbereiter der modernen Astrophysik, im Jahr darauf erstmals die Eigenschaften, die ein Schwarzes Loch haben müsste. Deshalb heißt die Größe, die den Ereignishorizont – also das, was ein entfernter Beobachter sieht – beschreibt, heute Schwarzschild-Radius. Da an dieser scheinbaren Oberfläche die Zeit »einfriert« (S. 30), sprachen die Wissenschaftler zunächst von »Gefrorenen Sternen«. Bis zur heute gebräuchlichen Benennung durch Wheeler vor vier Jahrzehnten.

Ob es sie wirklich gibt, war lange umstritten – doch spätestens mit der Erforschung aktiver Galaxien zeigte sich, dass in deren Kernen supermassereiche Schwarze Löcher am Werk sein müssen. Waren die ersten schon gleich nach dem Urknall da? Jedenfalls gelten sie heute als Architekten des frühen Universums (S. 36).

Faszinierende Unterhaltung mit unserem »Schwerpunkt« und den weiteren Artikeln dieser Ausgabe wünscht herzlichst Ihr

»Schwerpunkt«
im wahrsten Sinn des Worts – Schwarze Löcher

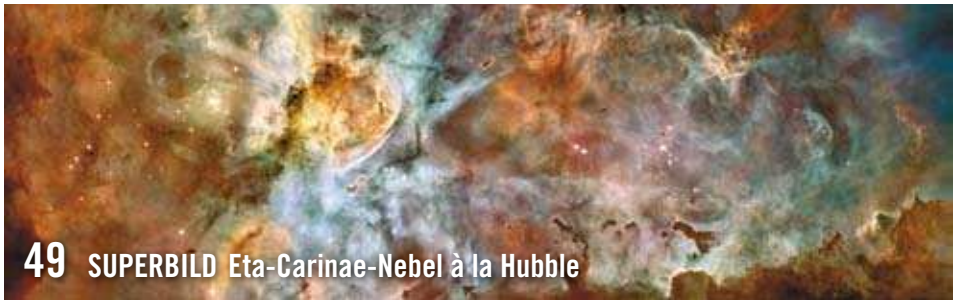
HINTERGRUND-ILLUSTRATION: NASA, DANA BERRY / SKYWORKS DIGITAL

KOSMISCHE RUMPELKAMMER

Die Sonde Dawn steuert Vesta und Ceres an – und blickt dort in die graue Vorzeit

20

44 »Invasion«



49 SUPERBILD Eta-Carinae-Nebel à la Hubble

12 ASTRO NEWS
> Loch im All
> Älteste Sterne verraten Dunkle Materie
> Den Roten Riesen überlebt

20 MISSION DAWN <
Erstmals erkundet eine Raumsonde gleich zwei Bewohner des Asteroidengürtels

44 SCIFI <
Astronom Seth Shostak analysiert das Remake von »Invasion der Körperfresser«

Superbild
49 KOSMISCHER HEXENKESSEL
Eine neue Aufnahme des Weltraumteleskops Hubble vom Eta-Carinae-Nebel

54 STERNREISEN <
Welche Raumschiffe brauchen wir, um ferne Sonnen zu erreichen?

58 KOSMOS IM COMIC
Was erwartet Denis Bajrams Helden in »Universal War I« jenseits des Saturns?

60 GOOGLE SKY <
Wie gut ist das Sternhimmelprogramm des Suchmaschinengiganten Google?

67 DER HIMMEL – SCHEIBENWEISE
Das wichtigste Werkzeug für Amateurastronomen: Die drehbare Sternkarte

72 NEUHEITEN
> Ferngläser
> Montierungen
> und vieles mehr

74 WUNDER DES WELTALLS
Herbstnebel – die schönsten Astrobilder unserer Leser

SCHWARZE LÖCHER <

24 STERNKOLLAPS
Wenn Sterne sich für immer vom Rest der Welt verabschieden

30 WAS WÄRE, WENN ...
... man in ein Schwarzes Loch flöge? Eine Reise in die Dunkelheit

36 WELTRAUMARCHITEKTEN
Wie Schwarze Löcher beim Bau des Universums halfen

SCHWARZE LÖCHER

Anfangs hielt man sie für bloße Theoriegebilde. Zu bizarr waren ihre Eigenschaften, um glaubhaft zu sein. Doch das Unvorstellbare wurde wahr

Blick in den Himmel

82 STERNTAFEL
Die Übersichtskarten für den mitternächtlichen Himmel

84 IM WESTEN VIEL NEUES
Jupiter übergibt die planetare Herrschaft über den Abendhimmel an Mars

86 KASSIOPEIAS THRON
Rund um das »Himmels-W« gibt es zahlreiche Sternhaufen zu entdecken

90 MYSTERIÖSE MEERE
Welchen Ursprung haben die Meere und Buchten unseres Monds?

93 FELDSTECHERTIPP
Der Doppel-Sternhaufen h & Chi Persei

3 Editorial
10 Leserbriefe
11 Leser fragen – Experten antworten
64 Mediathek
94 TV & Events
96 Kleinanzeigen
97 Astromarkt
98 Vorschau / Impressum

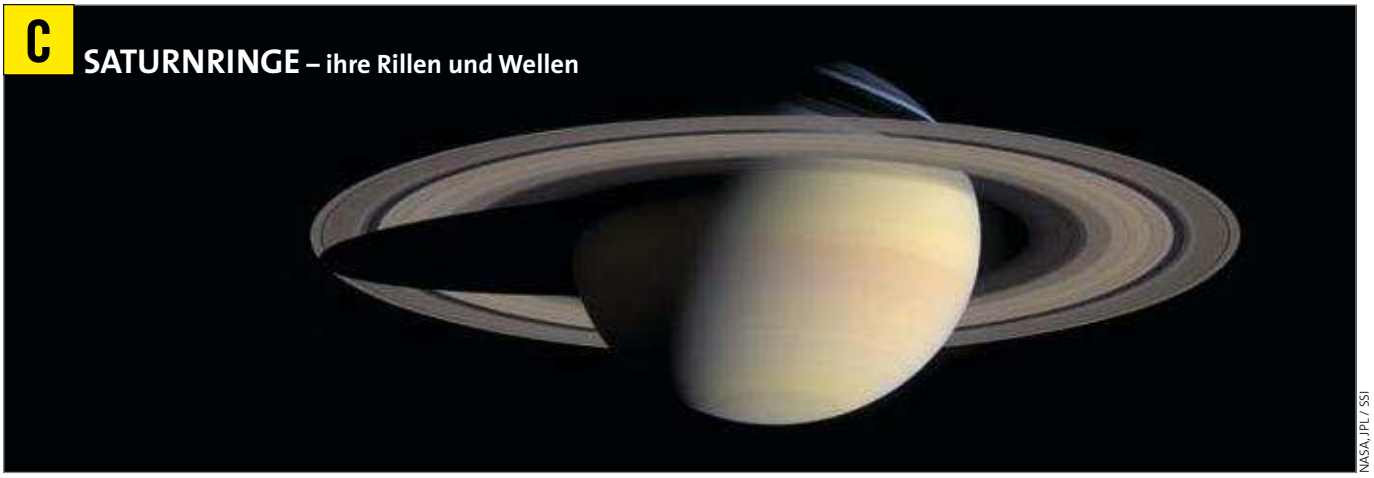
TITELBILD: Schwarze Löcher krümmen die Raumzeit – ihre strahlende Umgebung legt Zeugnis davon ab

TITELMOTIV: JEAN-FRANÇOIS PODEVIN

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit < gekennzeichnet

WALLPAPER unter astronomie-heute.de/wallpaper

KOSTENLOSE DOWNLOADS
Laden Sie die so gekennzeichneten Motive **auf den Seiten 12, 36 und 50** als Bildschirmhintergrund für Ihren PC herunter!



A SDW 11/2007

»Fünf Ziele für die Raumfahrt« George Musser beschreibt die künftige Erforschung des Sonnensystems. Dies und mehr lesen Sie in der Novemberausgabe von Spektrum der Wissenschaft
www.spektrum.de

B ONLINE

Veranstaltungstipps oder TV-Hinweise, die uns nach Redaktionsschluss erreichen, finden Sie unter astronomie-heute.de/szenenews! Knobeln Sie gerne? Dann werfen Sie doch einen Blick auf unsere neue Seite astronomie-heute.de/denkmal

C SUW 11/2007

Die kommende Ausgabe von Sterne und Weltraum befasst sich mit dem Rätsel der Dunklen Energie, den Rillen und Wellen der Saturnringe, Ferngläsern der Premiumklasse, Meteorströmen im Herbst u. v. m.
www.suw-online.de

ILLUSTRATION: NASA, TIBOR BALINT

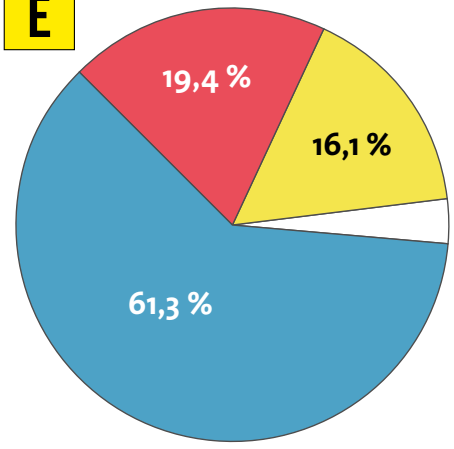
B

ASTRONOMIE-HEUTE.DE

C

D

E



D KOSMOLOGIE

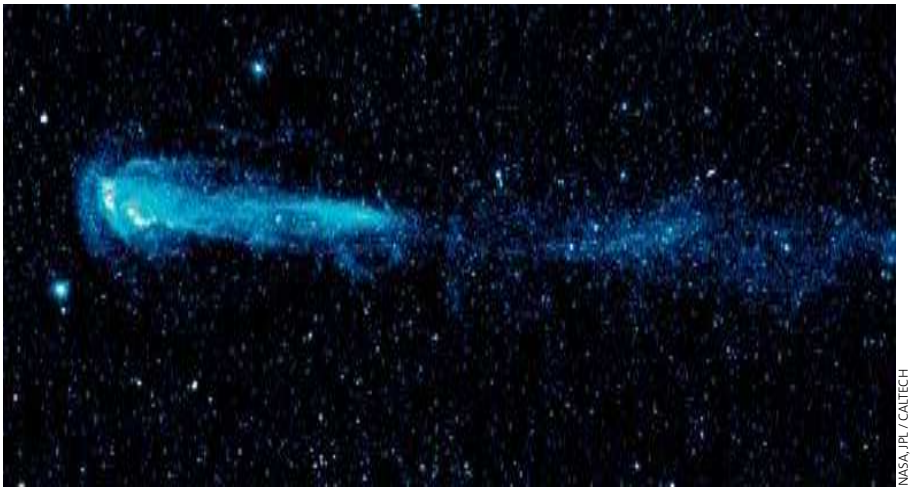
Hat unser Weltall einen Anfang? Sind Galaxien im Griff der Dunklen Energie gefangen? Wie wird aus einer Staubmaus ein Planet? Mit solchen Fragen beschäftigt sich das neue Spektrum-Dossier »Kosmische Ursprünge« www.spektrum.de

E UMFRAGEN

Ihre Meinung ist uns wichtig! Nicht nur allgemein zu **astronomie heute**, sondern auch ganz konkret zu bestimmten Themen (S. 63). Neue und die Ergebnisse früherer Umfragen finden Sie unter astronomie-heute.de/umfragen

MYSPACE

Werfen Sie schon früh einen ersten Blick in die kommende Ausgabe: Werden Sie ein Freund von AH unter myspace.com/astronomie_heute. Diskutieren Sie mit anderen Lesern und Mitgliedern der Redaktion unter groups.myspace.com/astronomieheute



NASA, JPL / CALTECH

Rote Riesensterne wie Mira sind zwar schon seit Langem bekannt. Aber erst kürzlich entdeckten Astronomen, dass dieser Stern eine schweifartige Struktur hinter sich herzieht. Sie besteht aus Sternmaterie, die Mira im Lauf ihrer Entwicklung abgeblasen hat.

MIRAS SCHWEIF

»Ein Stern mit Kometenschweif?«
AH 10/2007, S. 16

Wieso verliert Mira so viel Materie?

Domenic Achterberg, Berlin

ANTWORT DER REDAKTION:
Mira gehört zu den Pulsationsveränderlichen. Dabei handelt es sich um Sterne in der Spätphase ihrer Entwicklung, in der sie sich bereits zum Roten Riesen aufgebläht haben (AH 10/2007, S. 26). Da die Schwerebeschleunigung an der Oberfläche solcher Riesensterne relativ schwach ist, kann sehr viel Materie als Sternwind abströmen.

SCIENCEFICTION

Als Abonnent Ihrer Zeitschrift sah ich der Änderung des Erscheinungsbilds und Konzepts mit gemischten Gefühlen entgegen. Über das Design kann man sich streiten. Jedoch die Aufnahme von Sciencefiction in das Spektrum findet meinen größten Beifall. Vor dem ersten Gedanken stand der erste Traum. Und wie wäre Entwicklung und Grundlagenforschung ohne Vision möglich? Gratulation zu diesem sicher nicht unumstrittenen Entschluss.

A. Weitzmann, Wien

DAS NEUE ASTRONOMIE HEUTE

Ich muss sagen, dass ich bisher kein **astronomie heute** in den Händen gehalten habe, in dem ich fast alle Artikel gelesen habe. Das hat sich seit der Septemberausgabe geändert. Wäre da nicht der negative Beigeschmack des Titels »Killer-Asteroid«, würde ich dem Magazin volle Punktzahl geben.

Die Sciencefiction hat eine höhere Priorität als zuvor, dennoch ist sie von der Menge her dezent eingebracht und überschattet nicht die wissenschaftliche Seite. Ganz im Gegenteil, beide Bereiche ergänzen sich sogar. Einfach toll!

Simon Jungermann, per E-Mail

AUSSERIRDISCHER BESUCH

Was soll man tun, wenn die Aliens landen?

Sven Schinker , per E-Mail

ANTWORT DER REDAKTION:
Seth Shostak vom Seti-Institut (S. 44) und Harald Lesch haben sich darüber in AH 5/2006, S. 24 Gedanken gemacht.

Es gibt sicherlich kein universelles Verhaltensprotokoll, da beispielsweise berücksichtigt werden muss, ob es eine vorherige Kommunikation per Funk oder Ähnlichem gegeben hat.

Am Seti-Institut gibt es eine Arbeitsgruppe, die sich mit dieser Frage beschäftigt (seti.org/news/features/preparing-for-contact.php).

DIREKTE PLANETENSICHTUNG

»Auf der Suche nach den Exoplaneten«
AH 7-8/2007, S. 16

Die direkte Entdeckung erdähnlicher Gesteinsplaneten macht enorme Fortschritte. Fantastische Pionierarbeit wird hier vollbracht und geleistet. Ich gratuliere den Astronomen zu dieser Meisterleistung.

Andreas Faessler, Dornach, Schweiz

DIE BESTE FANPRODUKTION?

»Die Legende lebt – im Internet«, astronomie-heute.de/SCIFInews vom 27. 08. 2007

Fanproduktionen gibt's wie Sand am Meer, doch was unterscheidet »Star Trek New Voyages« (STNV) von anderen? Die meisten Fan-Kreationen basieren auf einem witzigen Auf-die-Schippe-Nehmen von Raumschiff Enterprise. STNV möchte gute Storys erzählen. Und das tut es auch.

Wer des Englischen nicht so ganz mächtig ist, hat allerdings das Nachsehen. Doch es gibt Abhilfe: Auf newvoyages-germany.de.vu gibt's bereits Folgen mit Untertitel. Hoffen wir auf viele gute neue Episoden dieser echt fantastischen Fanserie.

Piero Grumelli, per E-Mail

Weitere Einsendungen finden Sie auf unserer Homepage!

Sie können Ihre Leserbriefe im Internet unter astronomie-heute.de in ein Formular direkt unter dem betreffenden Artikel eintragen. Diesen erreichen Sie über die Menüeinträge »Aktuelle Ausgabe« (Inhaltsverzeichnis), »Archiv« (Heftverzeichnis) oder durch Anklicken des Covers der Ausgabe.

Falls Sie Anregungen allgemeiner Art haben, können Sie diese auch unter astronomie-heute.de/leserbriefe eingeben. Wir behalten uns vor, Zusendungen gekürzt zu veröffentlichen.

Hat der Einschlag im Hellas-Becken …

… den Mars als Wirbel durchquert und auf der anderen Seite die Tharsis-Aufwölbung mit den Tharsis-Vulkanen und Olympus Mons erzeugt? *Gerhard Dietz, Mainz-Finthen*

Auch Wissenschaftler untersuchen, ob Auswirkungen großer Einschläge auf einer Planetenoberfläche auf der direkt gegenüberliegenden Seite des Planeten (Antipode) nachgewiesen werden können. Vor allem auf Merkur glauben sie Derartiges festgestellt zu haben: Dem riesigen Caloris-Einschlagbecken liegt antipodal ein ungewöhnlich zerfurchtes, hügeliges und in komplexe Blöcke zerbrochenes Gebiet gegenüber (Weird Terrain).

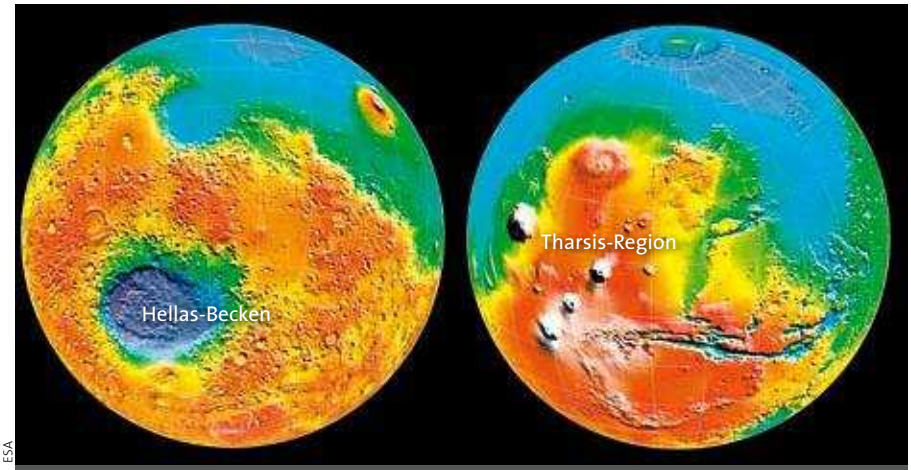
Die favorisierte Erklärung ist hier, dass sich mächtige, durch den Einschlag erzeugte Schockwellen in der Mantelkruste sowie teilweise durch das Planeteninnere ausgebreitet und an der Antipode von Caloris konzentriert die freie Oberfläche erreicht haben. Hier kam es dann zur Bildung von Zerrüttungen, die heute das Bild des Weird Terrain prägen.

Für das Hellas-Becken und die Gruppe der Tharsis-Vulkane auf Mars ist so ein räumlicher Zusammenhang viel schwerer erkennbar. Der antipodale Punkt des Zentrums von Hellas liegt an der nördlichen Basis von Alba Patera, das sind ganze 41,5 Breitengrade nördlich des Zentrums der Tharsis-Vulkangruppe. Die Betrachtung der Antipode von Hellas liefert also keinen eindeutigen Beleg für einen Zusammenhang zwischen Einschlag und Entstehung der Tharsis-Vulkane.

Im Vergleich zum Volumen des im Kraterbildungsprozess ausgeworfenen Materials ist das Volumen des einschlagenden Projektils (Impaktor) verschwindend gering. Auch dringt dieses nicht sehr tief in die Oberfläche ein, bevor es vollständig pulverisiert oder verdampft wird. Selbst im Fall des Hellas-Beckens ist der Impaktor nur einige zehn Kilometer tief eingedrungen. Daraus folgt, dass kein Material aus dem Innern des Planeten oder gar Material des Impaktors selbst auf der gegenüberliegenden Marsseite ausgetreten sind. Einzig die oben erwähnten Schockwellen breiten sich räumlich aus, aber ohne Transport von Material durch den Planeten.

Seine rote Farbe erhält der Mars durch eisenoxidhaltige Staubschichten auf der Oberfläche. Diese Schichten sind das Ergebnis eines bereits Jahrmilliarden anhaltenden Verwitterungsprozesses von eisenhaltigem Oberflächengestein. <<

GERHARD NEUKUM *ist Professor an der Freien Universität Berlin und leitet die Erforschung des Mars mit der Stereokamera von Mars Express.*



ESA

Mars: Das Hellas-Becken (Tiefebene, violett/blau gefärbt) und die Tharsis-Region (Hochebene, rot/gelb markiert) entstanden unabhängig voneinander.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um Antwort und stellen die interessantesten Beiträge vor.

EXTRASOLARES

Wasser regnet auf junges Sternsystem

In einer zu einem Stern kollabierenden Gaswolke entdeckten Astronomen so viel Wasserdampf, dass sich die Ozeane der Erde damit fünfmal füllen ließen. Ihre Aufnahmen zeigen zum ersten Mal, wie Wasser in Regionen transportiert wird, in denen sich später womöglich Planeten formen.

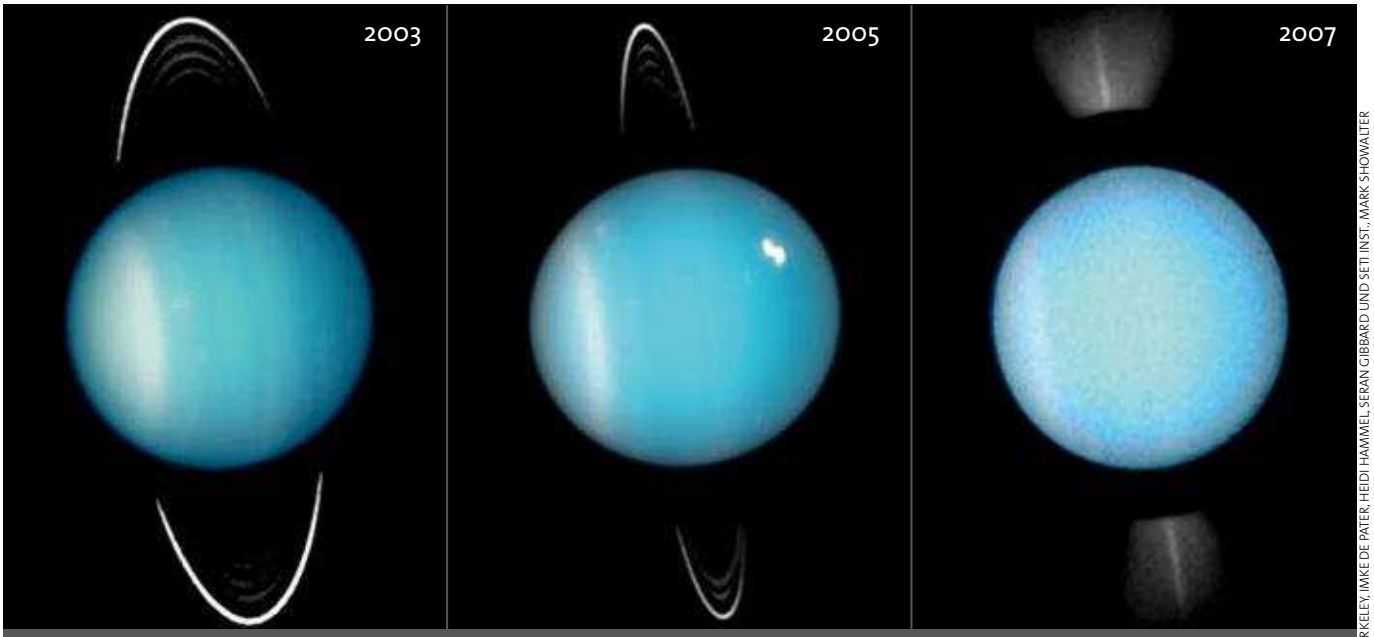
Dan Watson von der University of Rochester (US-Bundesstaat New York) und sein Team suchten mit dem Infrarotsatelliten Spitzer bei insgesamt dreißig Protosternen nach Spuren von Wasserdampf. Fündig wurden sie im System NGC 1333-IRAS 4B, das von einem Kokon aus kühlem Gas und Staub umhüllt ist. Um den wachsenden Stern rotiert eine protoplanetare Scheibe – ein Ring aus warmem Gas, Staub und möglichen Planetenbausteinen. Eis aus den äußeren Bereichen der Gashülle bewegt sich in Richtung des Zentrums, stürzt schließlich auf die Scheibe, heizt sich dabei sehr schnell auf, verdampft und leuchtet im infraroten Licht.

Die Wissenschaftler bestimmten nun die Dichte der Scheibe auf mindestens zehn Milliarden Wasserstoffmoleküle pro Kubikzentimeter. Ihr Durchmesser soll größer sein als der mittlere Abstand zwischen Erde und Pluto und ihre Temperatur etwa minus hundert Grad Celsius betragen.

Dass sie in den anderen 29 Systemen keine Spuren von Wasser fanden, lag womöglich an deren Orientierung – die Achse von NGC 1333-IRAS 4B zeigt beinahe direkt auf die Erde. Zudem sei die hier beobachtete Phase der Sternentwicklung recht kurz. <<

ILLUSTRATION: NASA, JPL / CALTECH

WALLPAPER unter astronomie-heute.de/wallpaper



Uranus präsentiert sich den Astronomen im Lauf der Jahre von immer anderen Seiten.

UC BERKELEY, IMKE DE PATER, HEIDI HAMMEL, SERAN GIBBARD UND SETI INST., MARK SHOWALTER

PLANETEN Verschobene Ringe

Die aus Staub- und Eispartikeln bestehenden Ringe des Uranus sind zum ersten Mal exakt von der Seite fotografiert worden. In dieser Position zur Erde steht der Uranus nur alle 42 Jahre.

Astronomen um Imke de Pater von der University of California in Berkeley machten die Aufnahmen schon im Mai mit einer Infrarotkamera am Keck-II-Teleskop auf Hawaii. Sie stellten fest, dass die Uranusringe ihre Position seit dem letzten Besuch einer Raumsonde auffällig verändert haben oder sogar ganz neu entstanden sind.

Im Jahr 1986 hatte die Raumsonde Voyager 2 das 1977 entdeckte Ringsystem erstmals aufgenommen. Damals zeigte der Südpol des Uranus zur Sonne – die Ringe waren hell erleuchtet. Nun bemerkten die Forscher, dass alle Ringe näher an die Oberfläche des Gasplaneten herangerückt sind. »Das ist keine Überraschung«, sagt de Pater. Denn auf die Ringe wirkten immense Kräfte. Möglicherweise ziehe die Gravitation des Uranus die Staubteilchen an.

An einigen Stellen befindet sich heute Staub, der bei den Beobachtungen von 1986 noch nicht dort vorhanden war. Auch scheinen sich die Ringe geteilt zu haben: Während manche jetzt näher am Planeten liegen, sind andere um einige tausend Kilometer nach außen gerückt. Der Strahlungsdruck der Sonne oder das Magnetfeld von Uranus könnte die Ursache dafür sein. Die bisher bevorzugte Vorstellung der Wissenschaftler, die Ringe im Planetensystem seien relativ unveränderlich, gerät durch diese Entdeckung nun ins Wanken. <<

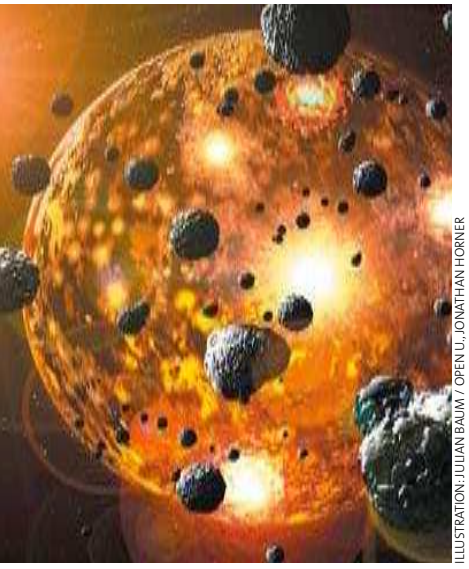


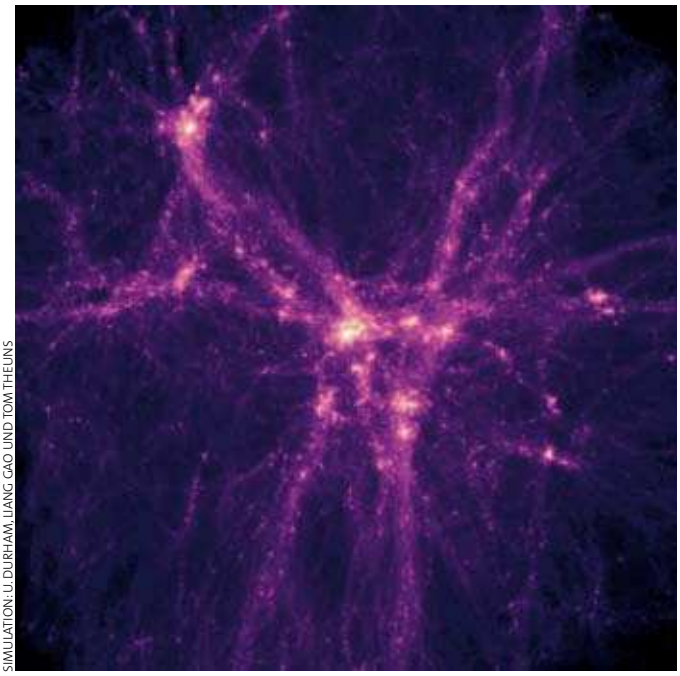
ILLUSTRATION: JULIAN BAUM / OPEN U., JONATHAN HORNER

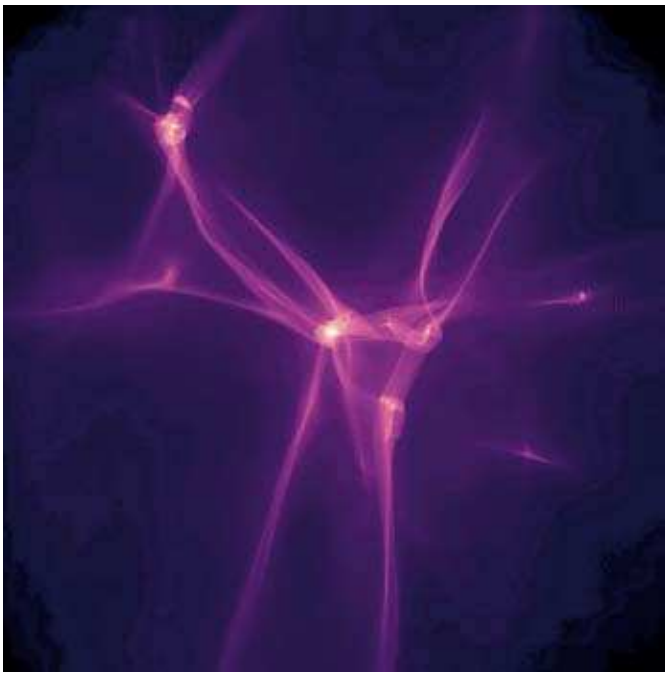
Asteroideneinschläge waren im jungen Sonnensystem häufig.

SONNENSYSTEM Freund oder Feind

Ein neues Computermodell widerlegt die gängige Annahme, Jupiter würde als kosmischer Schutzschild die Erde vor Kometen und Asteroiden aus den Tiefen des Alls schützen. Dank seiner enormen Massenanziehung sollte er die Geschosse vom inneren Sonnensystem fernhalten. In einer Simulation berechneten britische Forscher die Bahnen von 100 000 Himmelskörpern rund um den Jupiter über einen Zeitraum von zehn Millionen Jahren. Dabei bestätigte sich zwar die Vermutung, dass der Riesenplanet viele Kometen und Asteroiden mit erdgerichtetem Kurs ablenkt. Ebenso viele Objekte aber werden von ihm auf Bahnen befördert, die sie erst in unsere Nähe bringen. Die Kollisionswahrscheinlichkeit von Gesteinsbrocken mit der Erde ist insgesamt also genauso groß wie in einem Sonnensystem ohne Jupiter.

Wäre jedoch ein Himmelskörper mit geringerer Masse (etwa Saturn) an seiner Stelle, hätte das dramatische Folgen für das innere Sonnensystem: Der Planet wäre zu leicht, um genügend Asteroiden aus der Erdnähe anzuziehen, würde aber unverändert viele Objekte Richtung Sonne katapultieren. Wir können also nach wie vor froh sein, dass Jupiter ein wenig übergewichtig ist. <<





SIMULATION: U. DURHAM, LIANG GAO UND TOM THEUNS

KOSMOLOGIE Älteste Sterne verraten Dunkle Materie

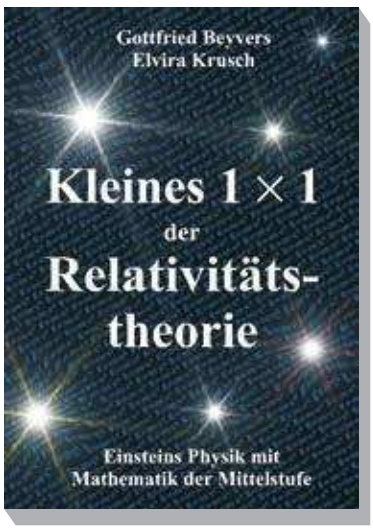
Modellrechnungen zeigen, dass sich aus der Verteilung der ersten Sterne im Universum (AH 10/2006, S. 14) bestimmte Schlüsse auf die Natur der Dunklen Materie ziehen lassen. Dieser mysteriöse Stoff, der den größten Teil der Masse im Universum ausmacht, gibt keine elektromagnetische Strahlung ab – allein seine Schwerkraft verrät ihn.

Nach dem Urknall war der Kosmos rund hundert Millionen Jahre lang ohne jedes Sternlicht. Die Dunkle Materie begann sich an einigen Stellen anzusammeln und, angelockt durch deren Gravitation, flossen die bereits im Urknall entstandenen Elemente, wie Wasserstoff und Helium, nach. In welcher Weise das passiert, hängt nun von der Art der Dunklen Materie ab. Haben die bislang unbekannten Teilchen wenig Energie, sprechen die Wissenschaftler von Kalter Dunkler Materie (CDM). In den Simulationen von Tom Theuns und Liang Gao von der Durham University in England breitete sich diese wellenartig im Universum aus. Es bilden sich lange Filamente, die später in rundliche Klumpen zerfallen (linkes Bild). Darin bilden sich Sterne mit rund hundert Sonnenmassen, die auf Grund ihrer enormen Masse nur wenige Millionen Jahre existieren.

Handelt es sich jedoch um Warme Dunkle Materie (WDM), die leichter und schneller ist, zerteilen sich die Filamente in etwa 9000 Lichtjahre lange Fäden (Bild rechts). Darin formen sich ebenfalls Sterne, allerdings mit ganz unterschiedlichen Massen. Einige von ihnen könnten noch heute zu beobachten sein. Gelingt es nun, die Verteilung der ersten Sterngeneration zu bestimmen, könnte womöglich zwischen den beiden Arten der Dunklen Materie entschieden werden. <<

Je nachdem welche Form von Dunkler Materie die Forscher in ihrer Simulation zu Grunde legen, ergeben sich andere Strukturen für das junge Universum: Mit relativ langsamer exotischer Materie bilden sich Klumpen aus (links), mit energiereicher hingegen lange, dünne Fasern (rechts).

Einstein endlich verstehen!



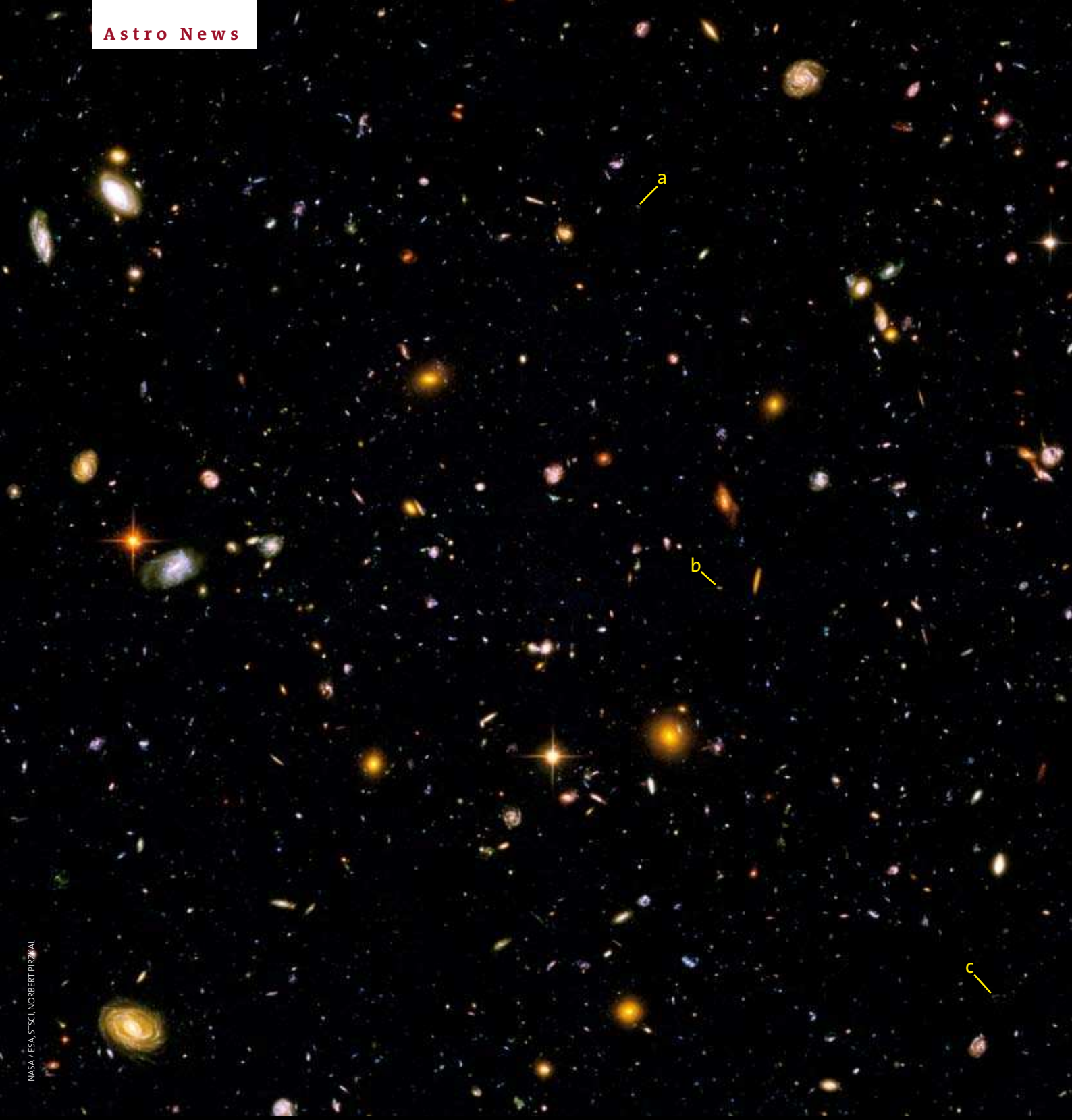
- klarer Text
- exakte Abbildungen
- hürdenfreie Rechenschritte

Gottfried Beyvers
Elvira Krusch

Kleines 1 × 1 der Relativitätstheorie

Einsteins Physik mit
Mathematik der Mittelstufe

400 Seiten, gebunden, € 33,80
ISBN 978-3-8334-6291-7
www.1x1relativitaet.de



NASA / ESA, STScI, NORBERT PIRZKAL

KOSMOS Hubble entdeckt winzige Galaxien

Die Weltraumteleskope Hubble und Spitzer haben mit vereinten Kräften neun der kleinsten, leuchtschwächsten und dichtesten Galaxien im frühen Universum entdeckt. Sie sind hundert- bis tausendmal kleiner als die Milchstraße und ihr Licht braucht mehrere Milliarden Jahre bis zur Erde. Drei der Galaxien (a, b, c) scheinen leicht aus der Form geraten – anstatt an runde Klumpen erinnern sie eher an Kaulquappen. Dies deutet darauf hin, dass sie mit benachbarten Galaxien wechselwirken oder gar verschmelzen, um größere Strukturen zu bilden. Damit untermauern sie derzeitige Modelle, die annehmen, dass sich die Winzlinge zu den massereichen Galaxien von heute vereinten. <<

MYSTERIUM Loch im All

Im Sternbild Eridanus ist ein Bereich von nahezu einer Milliarde Lichtjahren frei von Galaxien, Sternen und Gas. Nicht einmal die exotische Dunkle Materie konnten die Astronomen in diesem Gebiet aufspüren. Der Ursprung dieser riesigen Leere ist ihnen bislang völlig rätselhaft.

Mit Hilfe des Very Large Array (VLA), dessen Parabolantennen den Himmel im Radiobereich abbilden, entdeckten Wissenschaftler von der University of Minnesota die mysteriöse Blase. In einer sechs bis zehn Milliarden Lichtjahre entfernten Region südwestlich des Sternbilds Orion zeigten die Aufnahmen einen merklichen Abfall in der Galaxiendichte.

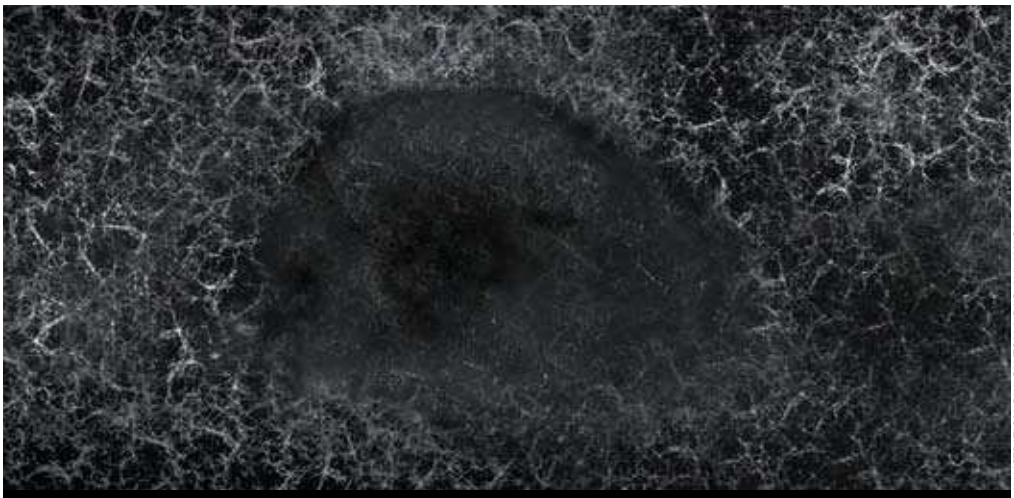


ILLUSTRATION: BILL SAXTON, NRAO, AUI / NASA

Im Gegensatz zu den bekannten leeren Blasen in den großräumigen Strukturen des Universums ist das neu entdeckte »Nichts« um ein Vielfaches größer. Da Materie und Hohlräume im All das durch sie hindurchtretende Licht beeinflussen, macht es sich auch in der Hintergrundstrahlung bemerkbar.

Bereits 2004 war dieses Gebiet in den Daten des Satelliten WMAP (Wilkinson Microwave Anisotopy Probe) aufgefallen, der die kosmische Mikrowellenhintergrundstrahlung vermessen hatte. Da diese nur wenige hunderttausend Jahre nach dem Urknall ausgesandt wurde, liefert sie ein Abbild des jungen Universums. Unregelmäßigkeiten darin zeugen von Strukturen, die zum Zeitpunkt der Emission bereits existierten. Ein Bereich auf der WMAP-Karte überraschte besonders, denn die aus dieser Region des Himmels eintreffende Strahlung war ungewöhnlich energiearm und setzte sich damit vom Gesamtbild ab.

Die Forscher fragten sich damals, ob diese Anomalität bereits vorhanden war, als die Strahlung ausgesandt wurde, oder ob sie erst auf dem Weg zur Erde entstand. Das Fehlen jeglicher Materie in der Region scheint nun zumindest diese Frage zu klären: Die Lichtquanten würden auf ihrer Reise durch die Leere gegenüber denjenigen Photonen, die durch materiegefüllte Gebiete dringen, geringfügig an Energie verlieren. Verantwortlich dafür sei die mysteriöse Dunkle Energie, die das Universum beschleunigt expandieren lässt, erklären die Wissenschaftler.

Zwar zeigten auch frühere Studien schon riesige leere Blasen in der großräumigen Struktur des Universums, doch übertrifft die neue Entdeckung diese um ein Vielfaches. Zudem lässt sich der jetzige Fund weder mit bisherigen Beobachtungen noch mit Computermodellen, die die Entwicklung solcher Strukturen simulieren, vereinbaren. Bislang vermuten Forscher, dass Löcher im Universum entstehen, wenn massereiche Gebiete durch ihre enorme Anziehungskraft Materie aus weniger dichten Regionen abziehen. <<

ASTROFOTOGRAFIE Schärfer als Hubble

Ähnlich wie bei Planetenaufnahmen per Webcam setzen Profiastronomen nun auch eine neue Kamera an einer Großsternwarte ein – und stellen damit sogar Aufnahmen des Weltraumteleskops Hubble in den Schatten. Die bislang unerreichte Bildqualität konnte durch den Einsatz eines neuen Aufnahmechips für die Kamera erzielt werden, den die britische Firma E2V Technologies entwickelte. Dank seiner hohen Empfindlichkeit ist der Sensor in der Lage, pro Sekunde zwanzig Bilder zu machen. Von diesen werden dann nur diejenigen weiterverwendet, bei denen der Fotograf Glück hatte und einen Moment mit niedriger Luftunruhe erwischte – daher die Bezeichnung Lucky Imaging.

Neu ist das nicht, denn das Verfahren wurde bereits vor knapp dreißig Jahren erdacht und im Zuge der Webcam-Astrofotografie von Amateuren seit einigen Jahren ausgiebig genutzt.

Astronomen aus Großbritannien, den Vereinigten Staaten und Australien hängten nun allerdings erstmals ihre Lucky-Cam an das Fünf-Meter-Spiegelteleskop auf dem Mount Palomar in der Nähe von San Diego in Südkalifornien. Die beeindruckenden Resultate qualifizieren das Verfahren nun auch für den Einsatz an Teleskopen der Acht- und Zehn-Meter-Klasse.

Zudem sind die Kosten der neuen Bilder – im Vergleich zu Hubble, das in gut einem Jahr zum letzten Mal während eines Shuttleflugs gewartet werden soll – konkurrenzlos billig: Sie betragen gerade einmal ein 50 000stel! <<

GALAXIEN Magellansche Wolken nur auf der Durchreise

HARVARD-CFA, ROBERT GENDLER UND JOSCH HAMBSCH

Die Große Magellansche Wolke (Bild) und ihre kleinere Schwester umkreisen die Milchstraße nicht seit jeher – sie sind nur zu Besuch.

Die Große und die Kleine Magellansche Wolke sind zwei unserer nächstgelegenen Welteninseln und gehören damit zur Lokalen Gruppe. Bislang ging man davon aus, dass es sich bei den Galaxien um Satelliten der Milchstraße handelt, sie also schon seit den Kindertagen des Kosmos durch die Schwerkraft unserer deutlich massereicheren Heimatgalaxie gebunden sind.

Dass mit diesem Bild etwas nicht stimmt, fand jetzt eine Forschergruppe um Gurtina Besla vom Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics heraus. Schon Anfang des Jahres ergaben genaue Geschwindigkeitsmessungen der Magellan-Galaxien, dass sie überraschend schnell durch den Raum drifteten. Die Wissenschaftler berechneten nun anhand dieser Daten ihre Reiseroute. Dabei erhielten die Forscher eine parabelförmige Bahn, die nahelegt, dass sich die beiden nicht auf einem geschlossenen Orbit um die Milchstraße befinden. Sie sind demzufolge nicht fest an die Milchstraße gebunden, sondern befinden sich lediglich im Vorbeiflug.

Diese neuen Erkenntnisse widersprechen gleich einer ganzen Reihe von theoretischen Vorhersagen. So wurde in der Vergangenheit etwa die Verwindung unserer scheibenförmigen Milchstraße durch die dauerhafte Anwesenheit der Magellanschen Wolken und die mit ihnen verbundenen Gezeitenkräfte erklärt.

Ebenso ließ sich die gigantische Wasserstoffwolke, die die beiden Zwerggalaxien hinter sich herziehen, auf die wiederholte Wechselwirkung mit unserer Heimatgalaxie zurückführen. Befinden sich die Magellan-Schwestern erstmals in unserer Nachbarschaft, bedürfen diese Phänomene neuer Erklärungen. <<

EHRENSACHE Deutscher Science Fiction Preis

Der Science Fiction Club Deutschland e. V. (SFCD) zeichnete in diesem Jahr die Autorin Ulrike Nolte für ihren Roman »Die fünf Seelen des Ahnen« aus. In der Kategorie »beste Kurzgeschichte« gewann Marcus Hammerschmitt mit seinem Buch »Canea Null«. Die Preisverleihung fand auf der Penta-Con in Dresden statt, dem offiziellen Treffen des SFCD.

In ihrem Buch beschreibt Nolte, wie eine Gruppe von Raumfahrern auf der Suche nach einer neuen Erde auf einen unbekannten Planeten stößt: eine Wasserwelt, auf der Leben möglich wäre. Neben dem klassischen Thema vieler Space Operas – der Besiedelung eines fremden Planeten – erzählt sie auch von den zwischenmenschlichen Beziehungen in einem Raumschiff und beschäftigt sich darüber hinaus mit der Frage, wie sich geschlossene menschliche Gesellschaften über Jahrzehnte hinweg entwickeln könnten. »›Die fünf Seelen des Ahnen‹ verbindet ein spannendes, ideenreiches SF-Szenario mit einer utopischen, aber uns gar nicht einmal so fremden Gesellschaftsform«, hört man in der ihr gewidmeten Laudatio.

Der »Deutsche Science Fiction Preis« wird seit 1985 als reiner Publikumspreis von einem jedes Jahr wechselnden sieben- bis zehnköpfigen Preiskomitee verliehen. Er ist mit eintausend Euro für den besten Roman dotiert. Der Autor der besten Kurzgeschichte erhält den gleichen Betrag.

Ebenfalls auf der Penta-Con wurde der undotierte Kurd-Laßwitz-Preis überreicht, der jährlich von professionell im Bereich der Sciencefiction arbeitenden Personen verliehen wird. Der diesjährige Gewinner: Herbert W. Franke (siehe Porträt in AH 9/2007, S. 58). <<

EXOPLANETEN

Den Roten Riesen überlebt

Roberto Silvotti vom Istituto Nazionale de Astrofisica in Neapel und Kollegen spürten einen Himmelskörper auf, der trotz seines erdähnlichen Orbits das Aufblähen seines Muttersterns überlebte. Die Forscher glauben deshalb, dass auch andere Planeten, die weniger als zwei Astronomische Einheiten von ihrer Sonne entfernt sind, dessen Rote-Riesen-Phase überleben können.

Der massereiche Gasriese kreist in der 1,7-fachen Erde-Sonne-Distanz (1,7 Astronomische Einheiten, AE) um den alten Stern V391 Pegasi. In seinen besten Jahren besaß das Gestirn vermutlich eine sonnenähnliche Masse und sein Planet kreiste auf einer erdähnlichen Umlaufbahn. Nachdem es seinen Wasserstoff im Kern komplett zu Helium umgewandelt hatte, dehnte es sich als Roter Riese um das Hundertfache aus – bis auf einen Radius von 0,7 AE, vermuten die Forscher.

Aus bislang unerklärlichen Gründen pustete er am Ende dieser Phase seine wasserstoffreiche Hülle, die rund ein Drittel seiner Masse ausmachte, mit einem starken Wind ins All. Nur etwa zwei Prozent der bekannten Roten Riesen enden in einem solchen entblößenden Szenario.

V 391 Pegasis Begleiter erweiterte auf Grund der geringeren Anziehung seine Umlaufbahn. Von dem Stern blieb nur noch der Kern zurück, in dem nun Helium zu Kohlenstoff verarbeitet wird. Dabei pulsiert das Gestirn mit Perioden von einigen Minuten und gibt den Astronomen so wertvolle Hinweise über seinen Aufbau. Zudem macht er es ihnen damit relativ einfach, eventuelle Trabanten zu entdecken: die Anwesenheit eines Planeten führt zu einer winzigen Variation im Abstand von Stern und der Erde, die sich in den gemessenen Pulsen bemerkbar macht.

In etwa fünf Milliarden Jahren wird sich auch unsere Sonne zu einem Roten Riesen aufblähen – das Schicksal der Erde ist ungewiss (AH 10/2007, S. 26). Auf der Suche nach Antworten durchforsten Wissenschaftler den Nachthimmel nach fremden Planeten in vergleichbarer Lage. Ihre Muttersterne sollten sich in verschiedenen Entwicklungsstadien befinden, damit sich die ferne Zukunft der Erde voraussagen lässt. <<

ILLUSTRATION: MARK GARLICK / HELAS

Reise zur kosmischen RUMPELKAMMER

Mit der Sonde Dawn schickt die Nasa erstmals einen Kundschafter in die Region zwischen Mars und Jupiter.

VON GUIDO MEYER

Der Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter ist so eine Art unaufgeräumte Rumpelkammer unseres Planetensystems. Mehr als 100 000 Gesteinsbrocken ziehen dort ihre Bahnen um die Sonne. Es sind größtenteils trockene, staubige Objekte, die sich seit der Entstehung des Sonnensystems kaum verändert haben.

In diesen Gürtel entsendet die Nasa nun ihre Sonde Dawn (zu Deutsch »Dämmerung«), die Ende September – kurz nach Redaktionsschluss dieses Hefts – starten sollte. Das Raumschiff soll dort den Asteroiden Vesta und den Zwergplaneten Ceres besuchen. Dawn wird beide Himmelskörper auf engen Umlaufbahnen umrunden und dabei die Gelegenheit bekommen, einen Blick in längst vergangene Zeiten zu werfen. Denn die Brocken befinden sich heute noch in dem Zustand, in dem sie etwa zehn Millionen Jahre nach Herausbildung unseres Sonnensystems waren.

Kosmologen vermuten, dass die Entstehung der Planeten vor vier bis fünf Milliarden Jahren mit jener des Asteroidengürtels zusammenhängt. Diese Verbindung lässt sich auf die Formel bringen: Jupiter war's. Der Gasriese hat wahrscheinlich dafür gesorgt, dass sich die Asteroiden nicht zu einem einzigen Planeten zusammenballten. Seine Schwerkraft riss die Gesteinsbrocken immer wieder auseinander, sodass sie nicht verklumpten und ihre ursprüngliche Größe und chemische Beschaffenheit beibehielten.

»Dawn wird Vesta und Ceres besuchen, weil diese beiden uns vielleicht einiges über die Geschichte unseres Sonnensystems verraten können«, hofft Carol Raymond, die stellvertretende Chef-Wissenschaftlerin der Mission bei der Nasa. »Wie der Name der Raumsonde anklingen lässt, wollen wir mit Dawn viereinhalb Milliarden Jahre in die Zeit zurückreisen, als es in unserem Sonnensystem noch keine Planeten gab«, ergänzt David Southwood, wissenschaftlicher Direktor bei der europäischen Weltraumorganisation Esa, die sich an der Mission beteiligt. »Wir verhalten uns wie kosmische Detektive, die auf den Spuren ihrer eigenen Geschichte sind«, so Southwood.

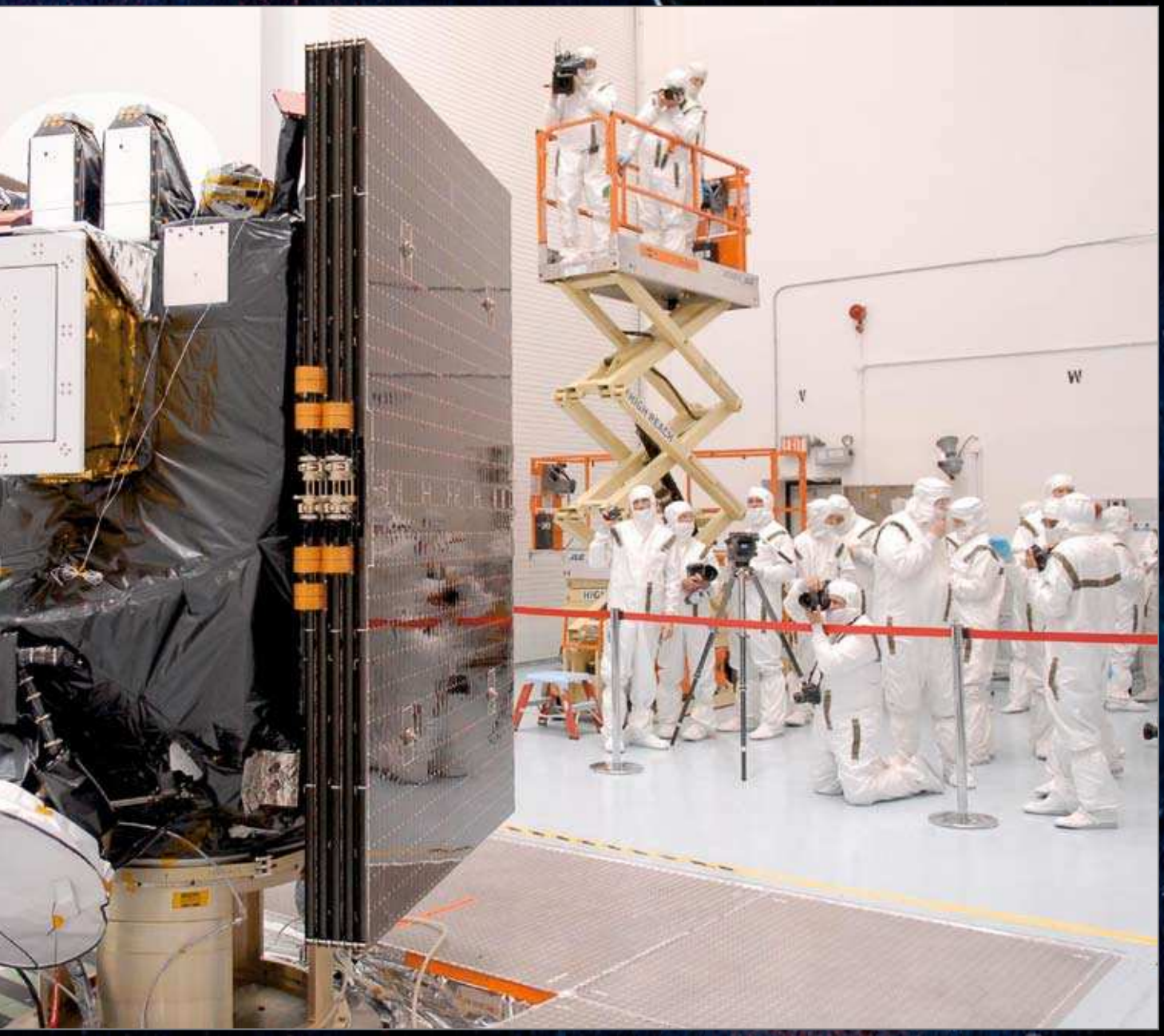
Hinaus in die Ferne

Nach ihrem Start kreist die Sonde erst einmal gut elf Wochen lang um die Erde. Diese Zeit nutzen die Raumfahrtingenieure, um die wissenschaftlichen Instrumente nach den starken Erschütterungen des Starts sorgfältig zu überprüfen. 81 Tage nach dem Abheben – also Ende dieses Jahres – soll sich Dawn auf die interplanetare Reise begeben, im März 2009 am Mars vorbeifliegen, dort Schwung holen und zweieinhalb Jahre später Vesta erreichen. Zu diesem Zeitpunkt wird die Raumsonde mehr als fünf Milliarden Kilometer durch das Sonnensystem gereist sein.

Den Strom für den Trip liefern speziell ausgelegte Sonnensegel, die einen solarelektrischen Antrieb mit Energie versorgen. Das Triebwerk regt Xenonatome mit Strom an, sodass sie ein Elektron verlieren. Die dabei entstehenden Xenon-Ionen wer-

NASA, KSC

ILLUSTRATION: UCLA / WILLIAM K. HARTMANN



NASA / ESA, STSCI

Stationen einer Reise

Fototermin im Weltraumzentrum: Im Juni dieses Jahres durften Journalisten die Sonde Dawn im Kennedy Space Center (Florida, USA) fotografieren (oben). Kurz danach wurde sie auf ihre Trägerrakete montiert. In den nächsten Jahren wird Dawn die Himmelskörper Vesta und Ceres aufsuchen (links). Sie soll unter anderem herausfinden, ob Vesta (rechts) tatsächlich schon mehrfach geschmolzen und wieder erstarrt ist.

Dawn ist mit großen Sonnensegeln ausgestattet, die den solarelektrischen Antrieb mit Strom versorgen sollen. Er erzeugt Vortrieb, indem er Xenon-Ionen verschießt.

MPS-MPG, HOLGER SIERKS

DOPPELT HÄLT BESSER

Die beiden Kameras der Sonde wurden in Deutschland entwickelt. Jede von ihnen verfügt über einen farbneutralen und sieben einfarbige Filter für Wellenlängen zwischen 430 und 980 Nanometern. Das erlaubt es, nicht nur Bilder in Echtfarben aufzunehmen, sondern auch physikalisch-chemische Untersuchungen durchzuführen.

den in einem elektrischen Feld auf Geschwindigkeiten von mehreren dutzend Kilometern pro Sekunde beschleunigt – das ist zehnmal schneller als der Abgasstrahl eines herkömmlichen Raketentriebwerks.

Indem das Triebwerk die schnellen Ionen nach hinten ausstößt, erzeugt es einen schwachen Rückstoß, der die Sonde nach vorn schiebt. Seine Antriebskraft entspricht zwar nur dem Gewicht einer Postkarte. Er kann aber über Monate und Jahre hinweg ständig aufrechterhalten werden und sorgt so für eine allmähliche Beschleunigung des Vehikels.

Felsig und eisig

Hat Dawn erst einmal ihr Ziel erreicht, verspricht es spannend zu werden. Denn keiner der Brocken im Asteroidengürtel ist wie der andere. Vesta, bei dem die Sonde 2011 ankommt, hat einen Durchmesser von etwa 500 Kilometern und umkreist unser Zentralgestirn einmal in gut dreieinhalb Jahren. Seine Oberfläche gibt Rätsel auf. Untersuchungen mit erdgebundenen Teleskopen zeigen Spuren von alten Lavaflüssen und Magma-Ozeanen. Das lässt vermuten, dass der Himmelskörper im Lauf seiner Geschichte mehrmals schmolz und sich wieder verfestigte. Das wäre allerdings ungewöhnlich, denn Asteroiden sind eigentlich viel zu kalt dafür.

Vier Jahre später wird Dawn bei Ceres eintreffen, der sich von Vesta stark unterscheidet. Mit fast tausend Kilometer Durchmesser galt er lange als größter Asteroid des Sonnensystems, seit 2006 wird er sogar zur Gruppe der Zwergplaneten gezählt. Er umrundet die Sonne einmal in viereinhalb Jahren und ist von riesigen Eisflächen bedeckt. »Auf Grund von Messungen mit dem Weltraumteleskop Hubble glauben wir, dass auf seiner felsigen Oberfläche ein etwa hundert Kilometer dicker Panzer aus gefrorenem Wasser lastet«, erläutert Chris Russell von der University of California in Los Angeles, der wissenschaftliche Leiter der Mission. Wenn das stimmt, wirft das die Frage auf, warum Ceres so viel Wasser mit sich führt, andere Objekte aus dem Asteroidengürtel aber nicht.

Um diese Geheimnisse zu lüften, verfügt Dawn über hoch spezialisierte Messinstrumente, die von Forschern auf der ganzen Welt entwickelt wurden. So steuerten das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Katlenburg-Lindau und das Institut für Planetenforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Berlin zwei baugleiche Kameras bei. Sie sind besonders wichtig für die Mission, weil sie unverzichtbare Daten für die Navigation, den Zielanflug und das erfolgreiche Einschwenken in die angepeilten Umlaufbahnen liefern.

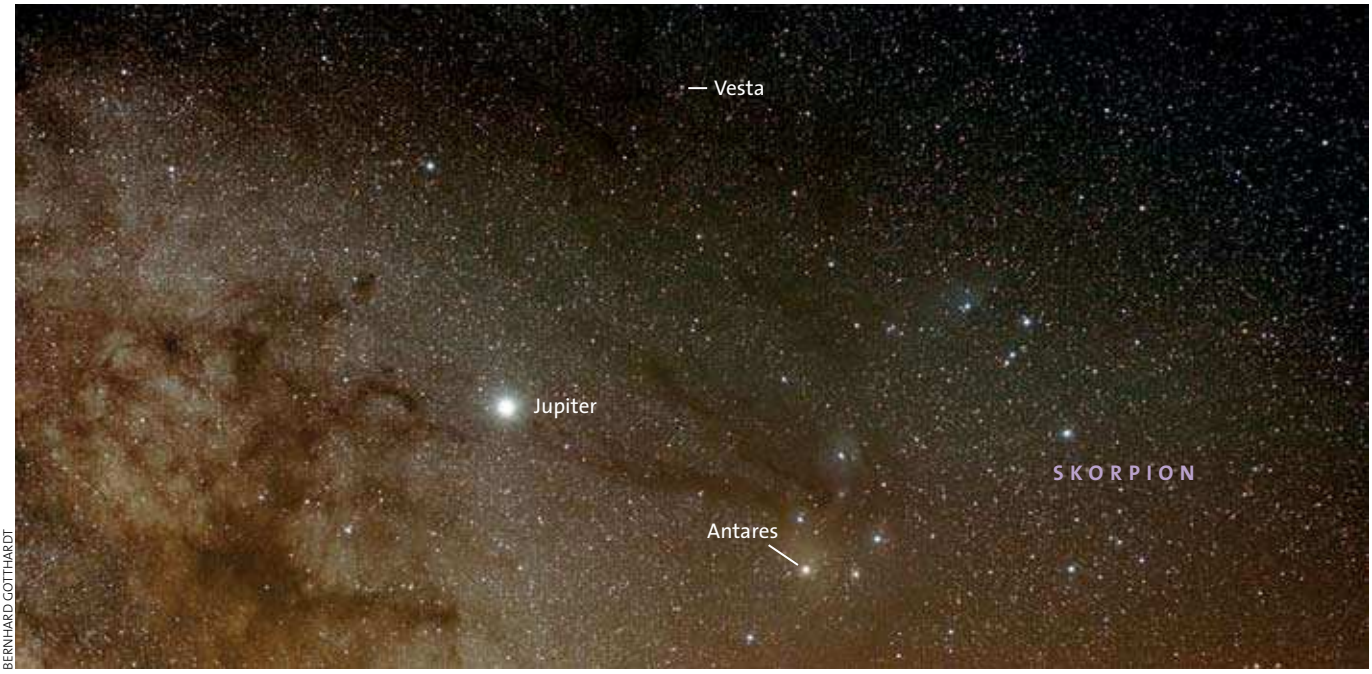
Die Kameras analysieren die beiden Himmelskörper durch insgesamt acht Filter: einen farbneutralen und sieben andere, die jeweils nur eine Farbe durchlassen. Die Filter wurden so gewählt, dass sie die Oberflächen von Vesta und Ceres nicht nur im sichtbaren Licht wiedergeben, sondern auch im nahen Infrarot. Das erlaubt es den Forschern, etwas über die Zusammensetzung und physikalische Beschaffenheit der obersten Schichten dieser Himmelskörper zu erfahren.

»Ein weiteres europäisches Instrument an Bord nimmt spektrale Messungen im Infrarotlicht vor«, ergänzt Southwood. Dabei handelt es sich um das kartierende Spektrometer Vir, das Italiens Weltraumagentur Asi beigesteuert hat. »Mit diesem Gerät können wir die Oberflächentemperaturen auf Vesta und Ceres ermitteln und Rückschlüsse auf deren inneren Aufbau ziehen«, so der Esa-Direktor.

Dawn ist die erste Nasa-Mission in die Tiefen des Sonnensystems, bei der keine Kamera aus den Vereinigten Staaten zum Einsatz kommt. Dafür führt die Sonde zwei andere US-Instrumente mit: das Gamma-

Die Schubkraft von Dawns Triebwerk entspricht dem

Gewicht einer Postkarte



BERNHARD GOTTHARDT

Dieses Foto vom Mai 2007 zeigt Vesta 9,5 Grad nordwestlich von Jupiter. Im November läuft der Asteroid dem Riesenplaneten schnell durch den Schützen nach Westen davon.

strahlen-Neutronen-Spektrometer Grand, entwickelt und konstruiert von den National Laboratories in Los Alamos, New Mexico, und das Radio Science Package, beigesteuert vom Jet Propulsion Laboratory (JPL) der Nasa. Grand soll die Verteilung verschiedener Elemente auf den beiden Himmelskörpern untersuchen, darunter Sauerstoff, Magnesium, Aluminium, Silizium, Kalzium, Titan, Eisen, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Uran und Kalium. Außerdem kann das Gerät noch kleinste Wasserspuren nachweisen.

Auf Tuchfühlung

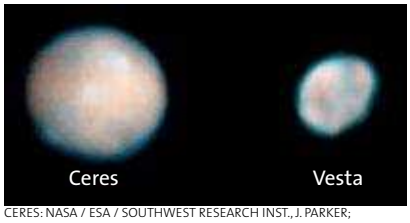
Das Radio Science Package enthält einen 100-Watt-Sender, der permanent in Richtung Erde funkt. Wenn die Sonde im Schwerefeld von Vesta oder Ceres leicht beschleunigt wird, dann verschiebt sich aus irdischer Sicht die Frequenz ihres Funksignals ein wenig. Diesen Dopplereffekt wollen die Wissenschaftler präzise messen, weil sie daraus ableiten können, wie schwer die Himmelskörper sind, welche Dichte sie besitzen, wie schnell sie rotieren und wie die Masse in ihnen verteilt ist.

Bei beiden Besuchen soll die Sonde Fotos aus unterschiedlichen Höhen schießen. Vesta wird sie sich bis auf zweihundert Kilometer nähern. Das ermöglicht es, Aufnahmen von der Oberfläche des Asteroiden einzufangen, die bis zu zehn Meter große Details zeigen.

Insgesamt soll Dawn bis zu achtzig Prozent der Oberfläche beider Himmelsobjekte fotografisch erfassen. Dabei dürften sich die 3-D-Fähigkeiten der deutschen Kameras bezahlt machen. Das DLR-Institut für Planetenforschung war maßgeblich an dem erfolgreichen Kameraexperiment auf der europäischen Sonde Mars-Express beteiligt und verfügt daher über umfassende Erfahrungen bei der Verarbeitung von Stereo-Bilddaten.

Mit dem Weiterflug von Vesta zu Ceres wird die Sonde ein bislang noch nie da gewesenes »Hopping« durchführen. Den Orbit eines Asteroiden verlassen, zu einem Zwergplanten weiterfliegen und dort erneut in eine Umlaufbahn einschwenken – das gab es in der Raumfahrt bislang nicht. Weil Dawn mit schubschwachen Ionentriebwerken manövriert, wird dieser Trip etwa drei Jahre dauern. Die ersten Bilder von Ceres kommen dann vermutlich 2015 bei uns an. <<

GUIDO MEYER *arbeitet als Wissenschaftsjournalist in Bonn und Florida.*



CERES: NASA / ESA / SOUTHWEST RESEARCH INST., J. PARKER;
VESTA: NASA / ESA / U. MARYLAND, L. MCFADDEN

ZWEI WELTEN

Zwischen Vesta und Ceres bestehen enorme Unterschiede. Ceres ist eine tausend Kilometer große Kugel, die vermutlich kilometerdick mit Eis bedeckt ist. Vesta ist halb so groß und hat die Form einer Kartoffel; die Oberfläche scheint vollständig aus erstarrter Gesteinsschmelze zu bestehen.

WENN STERNE VERSCHWINDEN

Anfangs glaubten die Physiker nicht daran, doch dann schälte sich immer klarer heraus: Schwarze Löcher gibt es wirklich.

VON THOMAS BÜHRKE

ILLUSTRATION: DON DIXON

Am 29. März 2003 registrierten mehrere Teleskope im Weltraum und auf der Erde einen gewaltigen Blitz im Kosmos. Er setzte jede Menge Gammastrahlung frei – extrem energiereiches Licht, das für unsere Augen nicht sichtbar ist. Schnell wurde klar, dass sich hier eine der stärksten Explosionen ereignet hatte, die je beobachtet worden waren. Die Gammastrahlung war so stark, dass sie sogar die Erdatmosphäre merklich störte – obwohl die Explosion 2,6 Milliarden Lichtjahre entfernt stattgefunden hatte! Ein Ereignis dieser Wucht in unserer Milchstraße – so viel ist klar – würde das Leben auf unserem Planeten ernsthaft beeinträchtigen.

Was war da draußen passiert? Vermutlich explodierte eine riesige Sonne, die ihren Brennstoff verbraucht hatte. Während sie ihre äußeren Hüllen ins All schleuderte, stürzte ihr Kern in sich zusammen – und zwar so heftig, dass er innerhalb von Sekundenbruchteilen zu einem Schwarzen Loch kollabierte. Direkt beobachten lässt sich so etwas nicht, aber die heutigen Theorien sprechen für dieses Szenario.

Noch vor wenigen Jahrzehnten wäre so eine Erklärung unvorstellbar gewesen. Denn damals tat man sich mit der Theorie der Schwarzen Löcher sehr schwer. Diese Himmelskörper besitzen derart seltsame Eigenschaften, dass selbst die größten Wissenschaftler anfangs nicht an ihre Existenz glauben mochten. Auch Albert Einstein bezweifelte, dass es sie gibt, obwohl seine Allgemeine Relativitätstheorie ihre Beschreibung überhaupt erst ermöglicht hatte.

Nach Einsteins Theorie, die er 1915 veröffentlichte, ist die Schwerkraft eine Eigen-

WO SIND SIE?

Die Astronomen haben schon viele Objekte entdeckt, bei denen es sich wahrscheinlich um Schwarze Löcher handelt. In der Milchstraße kennt man etwa ein Dutzend davon – darunter Sagittarius A* im Zentrum der Galaxis, ein Monster mit vier Millionen Sonnenmassen, oder Cygnus-X1 im Sternbild Schwan mit 7 bis 13 Sonnenmassen.

Totale Vernichtung: Was auch immer in ein Schwarzes Loch hineinfällt – es kommt nie wieder heraus. Bevor die Materie verschlungen wird, stürzt sie spiralförmig immer schneller hinab, heizt sich dabei gewaltig auf und beginnt zu strahlen.

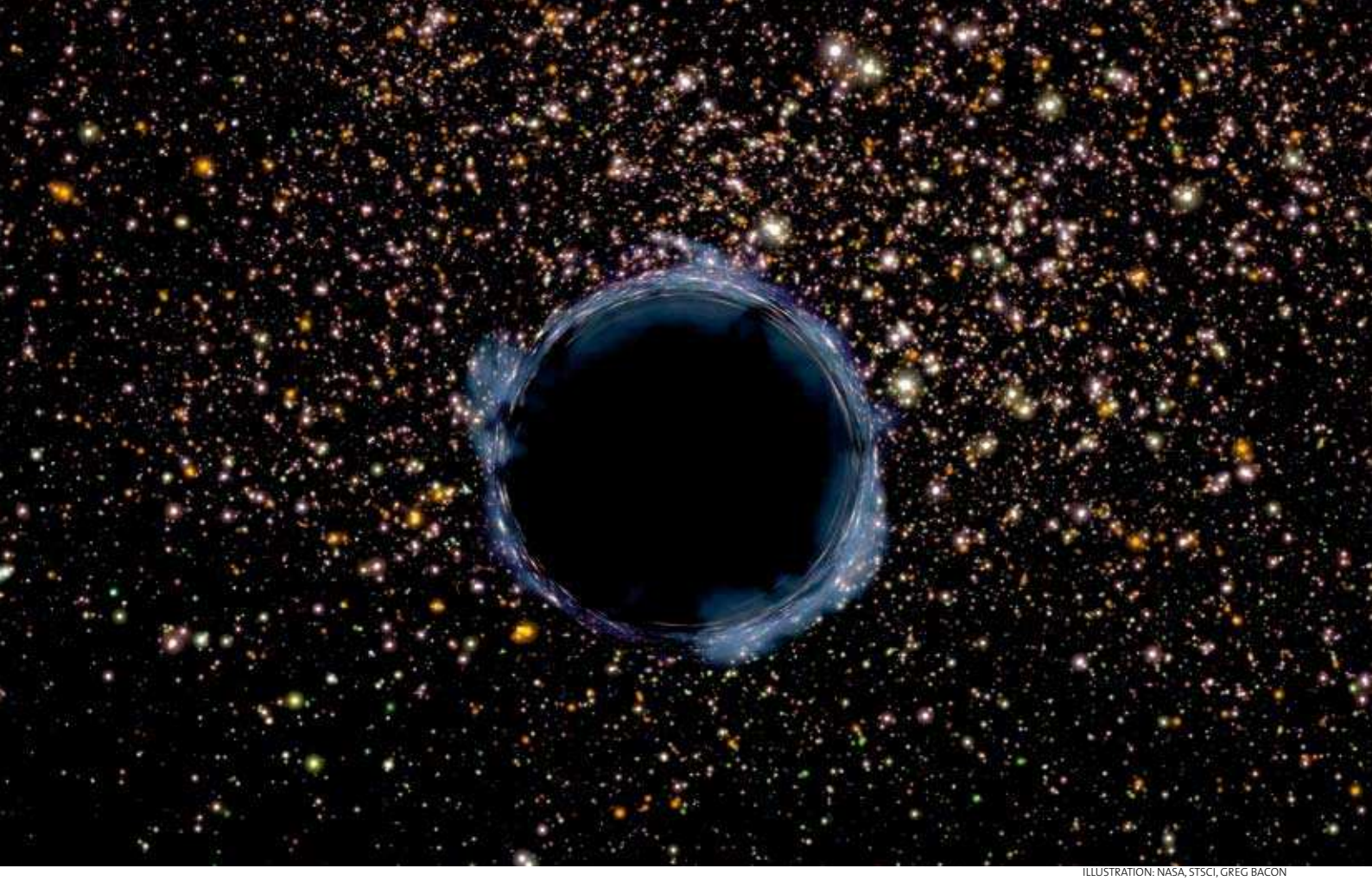


ILLUSTRATION: NASA, STSCI, GREG BACON

Ein Schwarzes Loch hat keinerlei »Antlitz«. Wenn es nicht gerade von einem heißen und leuchtenden Materiestrudel umgeben ist, verrät es sich nur durch seinen Schatten und durch eine optische Verzerrung des Sternhimmels.

IST DA WAS?

Schwarze Löcher sind fast vollständig leer. Ihre gesamte Masse konzentriert sich in einem einzigen Punkt. Um diesen herum befindet sich – nichts. Was von außen betrachtet wie eine schwarze Kugel aussieht, ist der Ereignishorizont des Lochs – keine Materiestruktur, sondern eine immaterielle Grenzfläche.

schaft von Raum und Zeit. Ein Stern beispielsweise krümmt den Raum um sich herum auf ähnliche Weise, wie eine schwere Kugel ein gespanntes Gummituch eindellt. Gerät nun ein Körper in das Schwerefeld eines anderen, so muss er der Raumkrümmung folgen. Dadurch wird seine Bahn so verbogen, als würde er von dem anderen Körper mit einer Kraft – eben der Schwerkraft – angezogen.

Der Astrophysiker Karl Schwarzschild war von der neuen Theorie so begeistert, dass er sich sofort mit der Frage beschäftigte, wie man das Gravitationsfeld in der Umgebung eines Sterns mathematisch beschreiben kann. Hierbei machte er eine merkwürdige Entdeckung: Im Innern von sehr kompakten Sternen schienen Zeit und Raum ihre Rollen zu vertauschen.

Zunächst ignorierten die Physiker dieses anscheinend unsinnige Resultat. Es trat nämlich erst bei extrem stark verdichteten Himmelskörpern auf. Unsere Sonne zum Beispiel müsste auf eine Kugel mit einem Radius von drei Kilometern zusammengequetscht werden, damit sich dieser Effekt bemerkbar macht. Derart komprimierte Himmelskörper schien es in der Natur aber nicht zu geben.

In den folgenden Jahren machten die Astrophysiker große Fortschritte dabei, die Natur der Sterne zu enträtseln. Sie fanden heraus, dass es sich um heiße Gaskugeln handelt, die ihre Energie durch das Verschmelzen von Wasserstoff- zu Heliumkernen beziehen. So lange dieser Fusionsofen brennt, verhindert der Druck des heißen Gases im Innern des Sterns, dass er unter seinem eigenen Gewicht zusammenbricht. Was aber passiert, wenn eine Sonne ihren Brennstoff verbraucht hat?

Unglaubliche Ergebnisse

Mit dieser Frage beschäftigte sich 1938 der theoretische Physiker Julius Robert Oppenheimer. Er hatte in Göttingen promoviert und lehrte seit 1929 am California Institute of Technology (Caltec) und an der University of California in Berkeley. Oppenheimer setzte seine Studenten George Volkoff und Hartland Snyder auf das Problem an. Mit Rechenmaschinen untersuchten sie den Kollaps eines ausgebrannten Sterns Schritt für Schritt. 1939 schrieb Oppenheimer seinem Freund George Uhlenbeck: »Die Ergebnisse sind sehr sonderbar.«

Die Theoretiker hatten ermittelt, dass ein Stern, der unter seinem eigenen Ge-

wicht zusammenstürzt, sich in eine stabile Neutronenkugel verwandelt – aber nur dann, wenn er nicht mehr als etwa 1,6 Sonnenmassen enthält. Ist er schwerer, dann bricht er unter seiner mörderischen Eigengravitation haltlos zusammen. 1939 schrieben Oppenheimer und Snyder: »Wenn die gesamten thermonuklearen Energiequellen erschöpft sind, kollabiert ein hinreichend schwerer Stern; die darauf folgende Kontraktion hat keine Grenze.«

Bis heute ist nicht genau bekannt, wie schwer der kollabierende Sternrest mindestens sein muss, damit er zu einem Schwarzen Loch wird. Das liegt daran, dass man über die Eigenschaften der exotischen Neutronensternmaterie nicht gut Bescheid weiß. Die Werte reichen von 1,4 bis 2,8 Sonnenmassen. Beobachtungen helfen hier jedoch weiter. Der schwerste bekannte Neutronenstern ist der Pulsar PSR J0751+1807, für den Astronomen eine Masse von 2,1 Sonnenmassen ermittelt haben. Die bekannten Massen von Schwarzen Löchern liegen mit Werten oberhalb von drei Sonnenmassen allesamt darüber.

Als äußerst interessant erwies sich die Frage, was außerhalb des schrumpfenden Sterns passiert. Den Berechnungen zufolge krümmt sich der Raum dort immer stärker, je weiter der Kollaps voranschreitet. Wenn der Stern eine bestimmte Größe, den so genannten Schwarzschild-Radius, unterschreitet, schließt sich der Raum um ihn. Der Himmelskörper nabelt sich vom restlichen Universum ab und schrumpft zu einem Punkt – einer »Singularität«.

Wir werden niemals erfahren, was im Innern eines Schwarzen Lochs passiert

Dieser Punkt ist von außen nicht zu sehen. Er wird vom Ereignishorizont verhüllt: einer gedachten Kugeloberfläche, durch die alles hindurchfallen, aus deren Innern aber nichts – selbst Licht nicht – je wieder nach draußen gelangen kann. Ein Lichtteilchen, das außerhalb des Horizonts am Schwarzen Loch vorbeiläuft, wird im Schwerefeld von seiner bisherigen Bahn abgelenkt und be-

Ideal für Einsteiger

Was ist eine Sonnenfinsternis und wie weit sind die Sterne entfernt? Warum hat Saturn einen Ring und woher kommen die Kometen? Wann ist das Universum entstanden und wie wird es enden? Die große Kosmos Himmelskunde führt leicht verständlich durch die faszinierende Welt der Astronomie. Topaktuell, mit tollen Illustrationen und Weltraumfotos.

- Jetzt interaktiv: mit Video-DVD mit über 40 Animationen von NASA und ESA zu den spannendsten Themen des Buches. Spieldauer: 60 min.

Dieter B. Herrmann
Die große Kosmos Himmelskunde
208 Seiten, über 100 Fotos und 50 Illustrationen
mit DVD Video
€/D 19,95; €/A 20,60; sFr 36,90
ISBN 978-3-440-10928-1

www.kosmos.de

KOSMOS

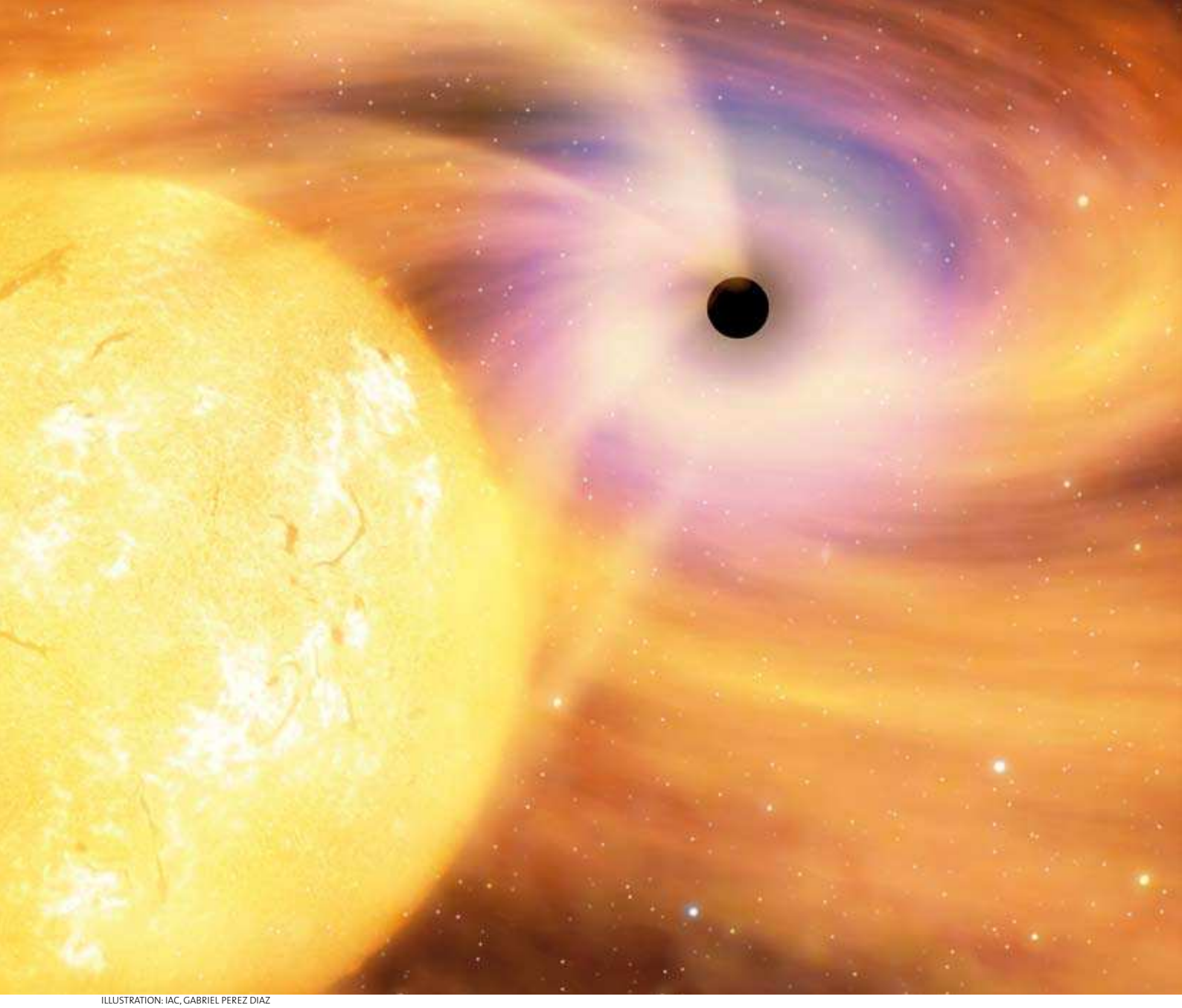


ILLUSTRATION: IAC, GABRIEL PEREZ DIAZ

In manchen Doppelsternsystemen kollabiert einer der beiden Partner zum Schwarzen Loch, während der andere noch hell strahlt. Das Loch kann dann die Hülle des leuchtenden Partners »absaugen«.

wegt sich anschließend in einer anderen Richtung weiter. Trifft das Lichtteilchen tangential auf den Horizont, dann bewegt es sich fortan auf diesem um das Schwarze Loch herum. Dringt es jedoch in den Horizont ein, dann verschwindet es auf Nimmerwiedersehen. Es ist für einen äußeren Beobachter daher vollkommen unmöglich, irgendetwas darüber zu erfahren, was innerhalb des Ereignishorizonts passiert. Dessen Radius ist (bei nicht geladenen und nicht rotierenden Schwarzen Löchern) mit dem Schwarzschild-Radius identisch.

Die Behauptung, ein ehemals riesiger Stern könne am Schluss einfach aus der Weltgeschichte verschwinden, war zu Oppenheimers Zeiten unglaublich. Die meisten Astrophysiker beschäftigten sich deshalb erst gar nicht mit seine Ergebnissen oder hielten sie für falsch. Auch Einstein stellte sich rigoros gegen sie. Nach einigem Hin und Her betrachtete er die Debatte darüber als beendet, und Oppenheimer wendete sich ebenfalls von dem Problem ab. Kurze Zeit später brach der Zweite Weltkrieg aus und Oppenheimer wurde wissenschaftlicher Leiter des Manhattan-Projekts zum Bau der Atombombe.

Wenn die Zeit stehen bleibt

Erst zu Beginn der 1960er Jahre griffen Theoretiker das Phänomen wieder auf, allen voran John Archibald Wheeler von der Princeton University. Namhaften Forschern wie dem Briten Stephen Hawking gelang es, die Physik von Schwarzen Löchern immer besser und umfassender zu beschreiben. Heute sind die meisten Wis-

Schwarze Löcher lösen sich langsam auf – aber dieser Vorgang dauert praktisch ewig

senschaftler von der Existenz solcher Objekte überzeugt.

Was würde man sehen, wenn ein Schwarzes Loch entsteht? Aus sicherer Entfernung heraus beobachtet, zöge sich der Stern zunächst mit großer Geschwindigkeit zusammen. Dann aber schiene er immer langsamer zu schrumpfen und zugleich immer schwächer zu leuchten. Schließlich würde seine Oberfläche am Ereignishorizont erstarren und praktisch überhaupt kein Licht mehr aussenden – ein Umstand, der sich aus der Relativitätstheorie ergibt (siehe Artikel S. 30).

Aus diesem Grund sprachen die Astrophysiker lange Zeit von »gefrorenen Sternen«, wenn sie ausgebrannte Sonnen beschrieben, die auf eine Singularität zusammengestürzt sind. Der Ausdruck »Schwarze Löcher« kam erst 1967 auf.

Die Theoretiker, die auf diesem Forschungsgebiet arbeiten, verwenden zum Teil recht seltsame Begriffe. So stellten sie unter anderem die These auf, dass Schwarze Löcher »keine Haare« haben. Damit ist gemeint, dass diese Massemonster keinerlei Eigenschaften besitzen, die irgendwelche Rückschlüsse auf die Struktur ihrer Vorgängersterne zulassen. Egal ob der Vorläuferstern kugelförmig, abgeplattet oder sonst wie gestaltet ist: Er kollabiert immer zu dem gleichen Gebilde – nämlich zu einer punktförmigen Singularität, die weder eine physische Gestalt noch irgendwelche Oberflächenmerkmale besitzt.

Schwarze Löcher sind demnach nur durch drei Größen definiert: Masse, Ladung und Drehimpuls. Die meisten Forscher gehen davon aus, dass sie keine elektrische Ladung besitzen, aber vermutlich sehr schnell rotieren – also einen großen Drehimpuls besitzen. Dies hat unter anderem zur Folge, dass der Ereignishorizont nicht kugelförmig, sondern abgeplattet ist, wobei die kürzere Achse mit der Rotationsachse zusammenfällt.

1974 veröffentlichte Hawking eine überraschende Theorie. Er untersuchte Schwarze Löcher nach den Gesetzen der Quantenmechanik und fand heraus, dass sie Strahlung aussenden. Der Grund: Im Vakuum entstehen fortwährend Teilchen aus dem Nichts. Weil sie aber stets als Teilchen-Antiteilchen-Paare auf die Welt kommen, vernichten sie sich sofort wieder. Daher nennen die Physiker sie »virtuell«.

Bildet sich ein solcher Zwilling am Ereignishorizont eines Schwarzen Lochs, kann einer der Partner hinter dem Horizont verschwinden, während der andere aus dem Schwerkraftfeld entkommt und diesem dabei ein wenig Energie entzieht. Das virtuelle Teilchen wird dadurch zum realen; es entschwindet in den Weltraum und wirkt wie ein vom Schwarzen Loch ausgestoßenes Strahlungsquant.

Explosion gesucht

Das Teilchen trägt die Energie, die ihm das Loch mitgegeben hat, fort. Dadurch verliert das Ungetüm langsam an Masse und löst sich am Ende vollständig auf. Dieser Vorgang dauert freilich extrem lange: Ein Schwarzes Loch mit der dreifachen Masse der Sonne würde etwa 10^{67} Jahre benötigen, um komplett zu verschwinden – eine Eins mit 67 Nullen! Das ist 10^{57}-mal länger, als der heutige Kosmos alt ist – also praktisch unendlich lang.

Sind aber, wie Hawking vermutet, beim Urknall auch Schwarze Löcher entstanden, die damals etwa so schwer wie ein mittelgroßer Berg waren, so sollten diese in der heutigen Phase des Weltalls zerfallen. Hawking vermutet, dass sie explodieren und dabei Röntgenstrahlung aussenden. Die Suche nach dieser Strahlung blieb bis jetzt erfolglos.

Was zum Vorschein kommt, wenn ein Schwarzes Loch am Ende verdampft, ist unklar. Es gibt aber Überlegungen, dass man die Singularität dann für einen winzigen Moment beobachten und untersuchen könnte. Eine ebenso faszinierende wie spekulative Vorstellung. <<

THOMAS BÜHRKE *ist Astrophysiker und Journalist. Er wurde durch zahlreiche Artikel, Reportagen und Bücher bekannt. 2005 erhielt er den Roelin-Preis für Wissenschaftspublizistik.*
Diesen und weitere Artikel finden Sie unter astronomie-heute.de/schwarzeloecher.

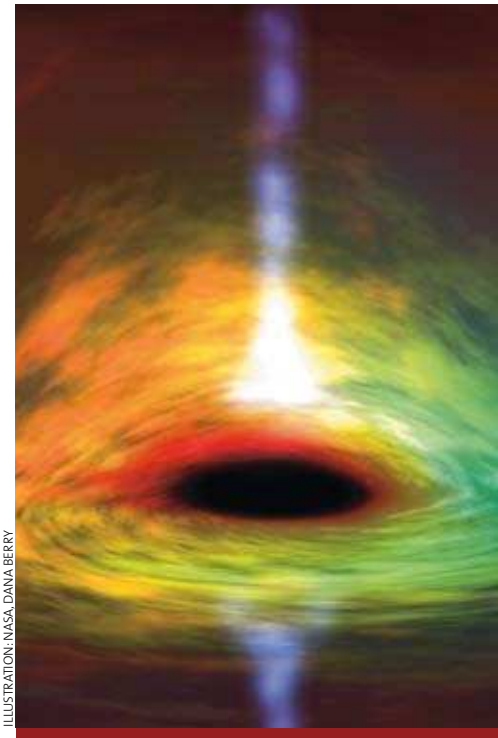
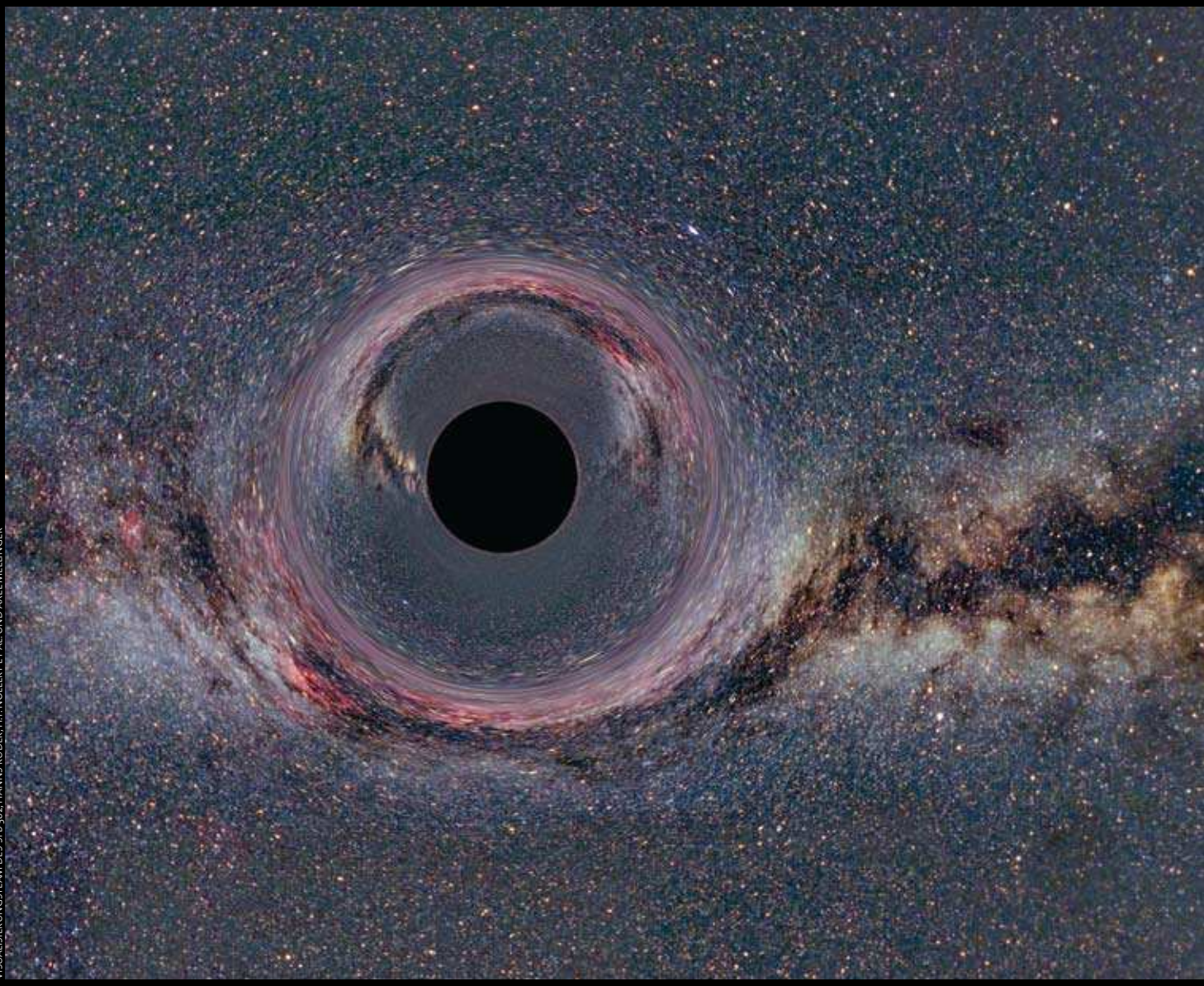


ILLUSTRATION: NASA, DANA BERRY

TUNNELBLICK

Was genau man sehen würde, wenn man vor einem Schwarzen Loch stünde, ist schwer zu sagen. Hier wurde berechnet, wie ein Materiestrudel aussehen könnte, der in ein solches Monster stürzt. Weil der Strudel sich fast lichtschnell dreht, erscheint er auf der einen Seite blau-, auf der anderen rotverschoben. Hinzu kommt die optische Verzerrung durch das extreme Schwerefeld.

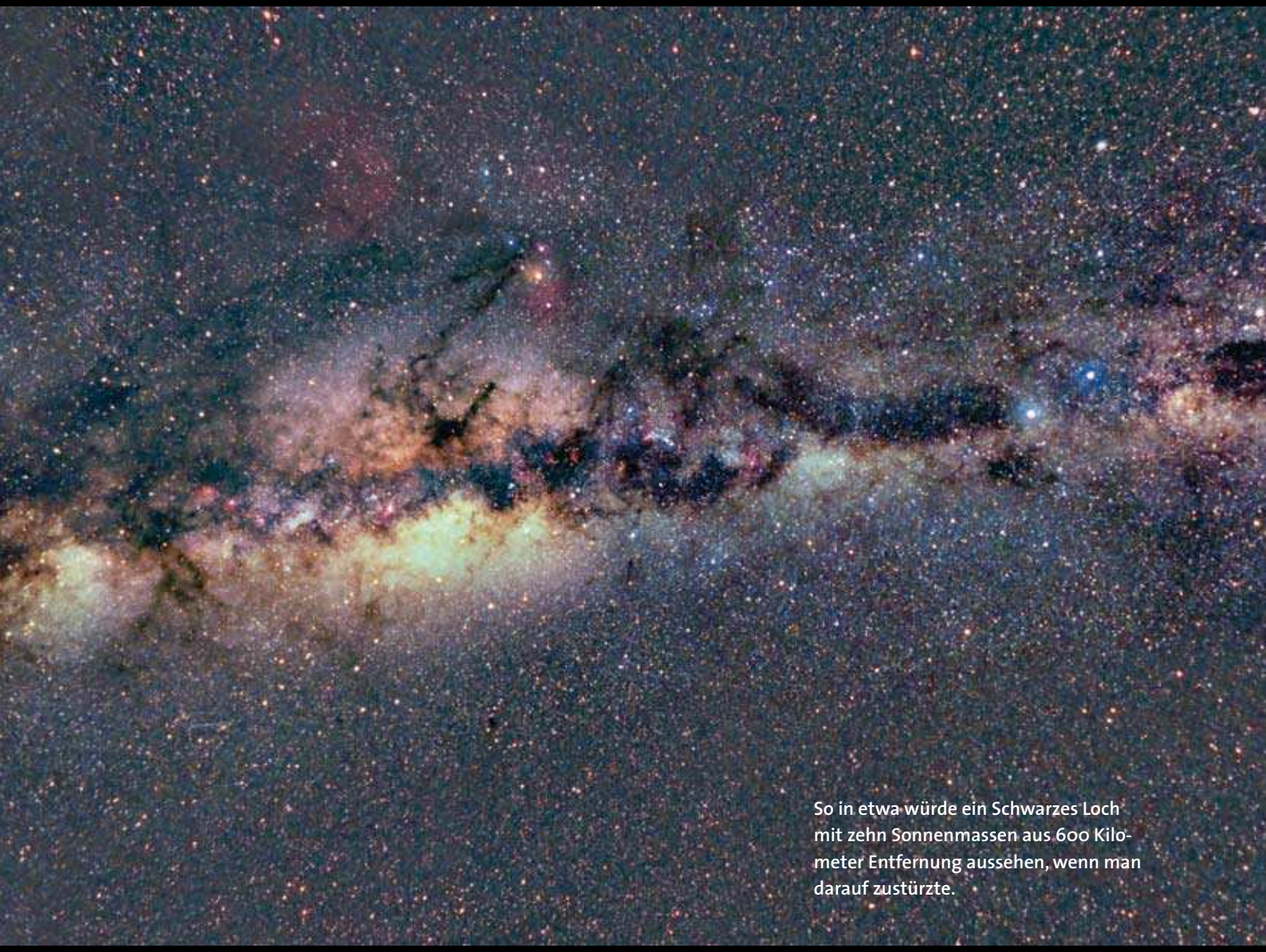


VISUALISIERUNGSTEAM DES SFB 382, HANNS RUDER, H.P. NOLLERT ET AL. UND AXEL MELLINGER

… man in ein SCHWARZES LOCH fiele?

Wie eine Raumsonde in die Finsternis stürzte.
Ein Missionsbericht

VON FRANK SCHUBERT



So in etwa würde ein Schwarzes Loch mit zehn Sonnenmassen aus 600 Kilometer Entfernung aussehen, wenn man darauf zustürzte.

Das ist ja wirklich beeindruckend«, sagte Snaut und lehnte sich in seinem Sessel zurück. »Ja, das kann man wohl sagen«, antwortete Falkner, der dicht hinter ihm stand. Beide Männer blickten gespannt auf ein Computerdisplay, über das Bilder und Zahlen flimmerten. Die Klimaanlage brummte leise.

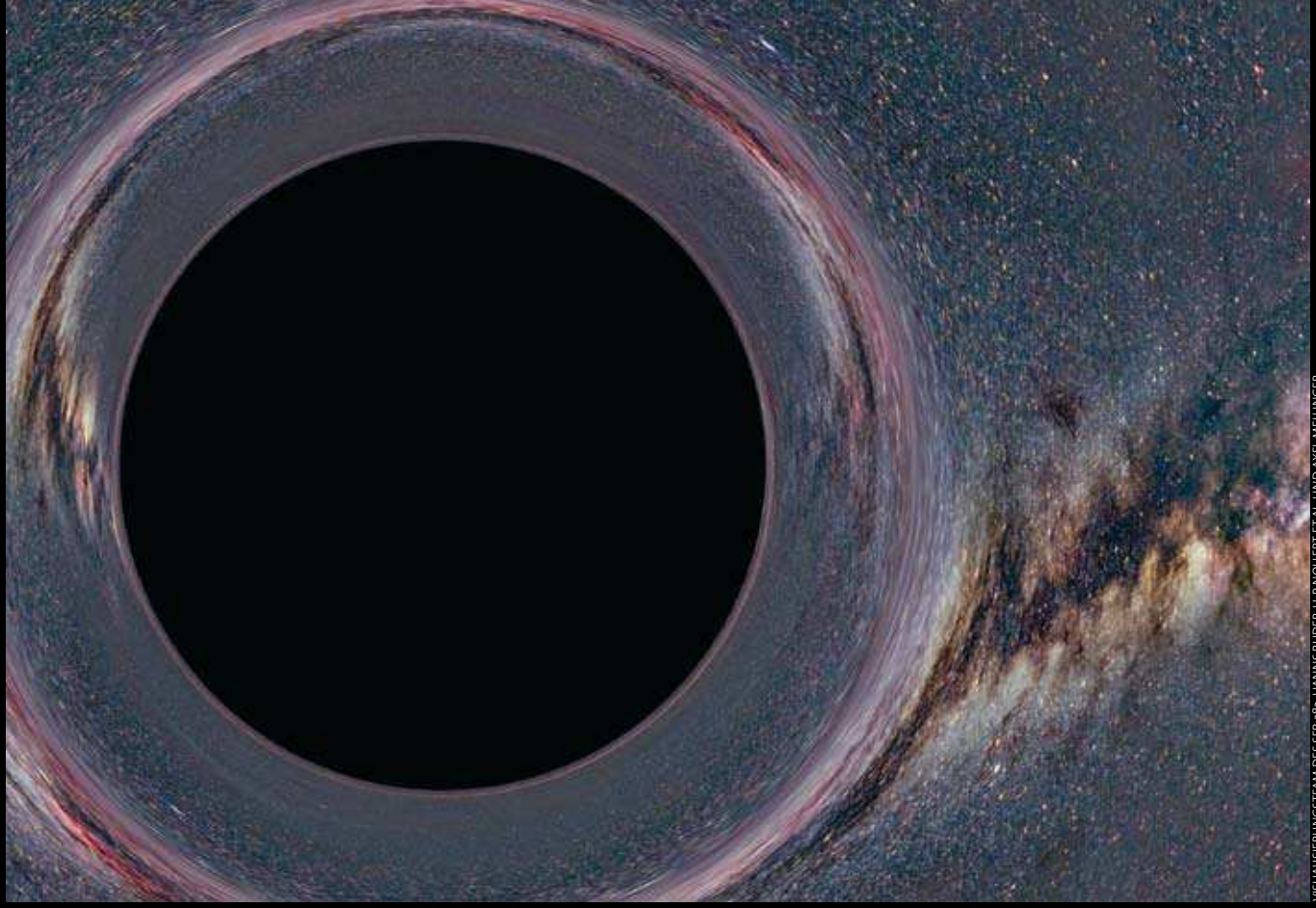
Snaut war Kommandant des Raumschiffs »Kronos«, Falkner wissenschaftlicher Offizier an Bord. Die beiden hatten sich auf der Kommandobrücke getroffen, um die Ergebnisse einer viel beachteten Mission zu besprechen – eines Flugs ins Innere eines Schwarzen Lochs nämlich.

Die Mission war ohne Komplikationen verlaufen. Zunächst war die Kronos in die Nähe eines Schwarzen Lochs geflogen und hatte dort die kleine Raumsonde »Intruder« ausgesetzt. Von der Schwerkraft angezogen, fiel die Sonde daraufhin in das Loch. Mit Kameras, Geschwindigkeits- und Entfernungsmessern an Bord hatte sie ihren Sturz aufgezeichnet und die Daten an die Kronos gesendet. Es handelte sich um das erste Experiment in der Geschichte, das den freien Fall in ein Schwarzes Loch dokumentierte. Die beteiligten Forscher, zu denen Snaut und Falkner gehörten, hatten die Ergebnisse natürlich kaum erwarten können.

»Okay, dann wollen wir mal«, seufzte Snaut, nachdem er mit Falkner die Daten durchgesehen hatte. »Wie Sie wissen, sollen wir einen Missionsbericht für die Presse aufzeichnen. Sie kennen ja diese Burschen von der Zeitung – wollen immer alles ganz genau erklärt haben.« »Oh ja, ich weiß, wovon Sie reden«, sagte Falkner und verdrehte die Augen.

Snaut schaltete das Aufnahmegerät ein, nahm das Mikrofon und sprach: »Meine Damen und Herren von der Presse, hier sind Jeff Snaut, Kommandant der Kronos, und Josef Falkner, wissenschaftlicher Offizier. Vor wenigen Stunden fiel unsere Forschungssonde Intruder in ein Schwarzes Loch mit zehn Sonnenmassen. Während des Sturzes machte sie eine Reihe von Aufnahmen. Die interessantesten davon möchten wir Ihnen jetzt präsentieren und ein paar erklärende Worte dazu sagen.«

Der Kommandant räusperte sich. »Zum Zeitpunkt der ersten Aufnahme war Intru-



VISUALISIERUNGSTEAM DES SFB 382, HANNS RUDER, H.P. NOLLERT ET AL. UND AXEL MELLINGER

Dreißig Kilometer vom Schwarzen Loch entfernt sieht der frei fallende Beobachter einen gähnenden Schlund vor sich, der den 150-fachen Durchmesser des Vollmonds hat.

der dreitausend Kilometer von dem Massemonster entfernt. Vor dem Hintergrund des Sternhimmels sehen Sie ein schwarzes Scheibchen, umgeben von einem merkwürdig verzerrten Lichtbogen. Das dunkle Scheibchen ist das Schwarze Loch selbst, das ja keine Strahlung aussendet. Der leuchtende Bogen drum herum entsteht, weil die riesige Schwerkraft des Lochs alle vorbeilaufenden Lichtstrahlen ablenkt. Dadurch sehen wir den Sternhimmel in seiner Nähe optisch verzerrt.«

Zerreißprobe

Snaut schaltete zum nächsten Bild weiter. »Die zweite Aufnahme schoss Intruder 600 Kilometer vom Schwarzen Loch entfernt. Da war die Sonde von der gewaltigen Schwerkraft bereits auf 60 000 Kilometer pro Sekunde beschleunigt worden – das sind 22 Prozent der Lichtgeschwindigkeit. Sie können das schwarze Scheibchen des Lochs auf dem Bild sehr deutlich erkennen, und auch der umgebende Lichtbogen ist schön klar zu sehen.«

Falkner nahm das Mikrofon. »Ich möchte hinzufügen«, warf er ein, »dass zu diesem Zeitpunkt bereits messbare Gezeitenkräfte auf die Sonde wirkten. Wenn ein Körper in ein Schwarzes Loch stürzt, dann ist seine untere Seite näher am Massezentrum und wird deshalb stärker angezogen als die obere Seite. Es entsteht daher eine Kraft, die den Körper in die Länge zieht. Sie ist umso größer, je näher der Körper dem Loch kommt; im Zentrum wird sie unendlich groß. Wir haben Intruder so klein wie möglich bauen lassen, um die Gezeitenwirkung gering zu halten – schließlich sollte die Sonde möglichst lange überleben. 600 Kilometer über dem Schwarzen Loch wurde Intruder mit dem Gewicht von 130 Kilogramm auseinandergezerrt. Ein menschlicher Körper wäre dort mit der Gewichtskraft von 18 Tonnen in die Länge gezogen worden – er wäre also bereits zerrissen.«

»Okay, kommen wir zum nächsten Bild«, sagte Snaut, »es zeigt die Grenze des Schwarzen Lochs – seinen so genannten Ereignishorizont – aus dreißig Kilometer Entfernung. Wie Sie sehen, bedeckte das Massemonster dort aus Intruders Sicht bereits einen großen Teil des Blickfelds. Die Sonde hatte zu diesem Zeitpunkt 91 Prozent der Lichtgeschwindigkeit erreicht, stürzte also mit 270 000 Kilometer pro Sekunde hinab. Die Gezeitenwirkung in dieser Höhe war beträchtlich: Intruder wurde mit dem Gewicht von 150 Tonnen auseinandergezogen – aber wir hatten sie ja vorsorglich aus extrem widerstandsfähigen Nanomaterialien anfertigen lassen.«

Snaut holte die letzte Aufnahme auf den Bildschirm. »Dieses Foto schoss Intruder vier Kilometer über dem Ereignishorizont. Da besaß sie 99,7 Prozent der Lichtgeschwindigkeit. Das Loch stand riesig groß am Himmel. Wenig später wurde die Sonde zerrissen – kein Wunder, denn es zerrten mehr als tausend Tonnen an ihr.«

Alles friert ein

Falkner nahm das Mikro. »Liebe Pressevertreter, Sie fragen sich jetzt vielleicht, ob wir gesehen haben, wie die Sonde in dem Schwarzen Loch verschwand. Haben wir nicht. Der Grund hierfür lautet: Egal, was in ein Schwarzes Loch fällt – für uns, die wir von ferne zuschauen, kommt es dort nie an. Es nähert sich ihm zwar immer mehr, wird dabei aber immer langsamer und bleibt schließlich an der Grenze zum Loch stehen.

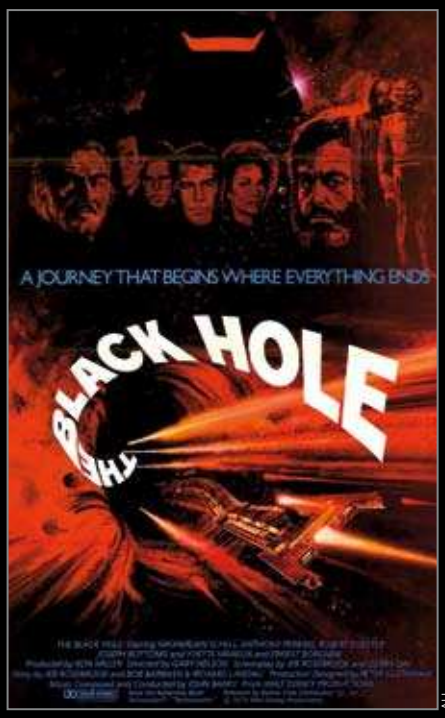
Ich weiß, dass das im ersten Moment seltsam klingt«, fuhr Falkner fort, »aber im Grunde ist es ganz logisch. Sie haben ja schon gehört, dass die Sonde immer schneller wurde, je weiter sie hinabfiel. Nach der Relativitätstheorie bedeutet das aber, dass die Zeit für sie immer langsamer verging, verglichen mit unserer Zeit. Wenn sie nun an der Grenze des Lochs ankommt, dann wird dieser Effekt unendlich groß. Mit anderen Worten: Die Zeit verstreicht dort für sie unendlich viel langsamer als für uns. Aus unserer Perspektive bewegt die Sonde sich dann kein Stück mehr weiter: Für jede noch so kleine Wegstrecke bräuchte sie einen gewissen Moment – während dem für uns unendlich viele Jahre vergehen würden. Interessanterweise merkt die Sonde selbst gar nichts davon. Sie registriert nur, dass sie immer weiter hinabfällt, bis sie irgendwann von den Gezeiten zerrissen und schließlich im Zentrum des Lochs zermalmt wird.

Heißt das nun«, sinnierte Falkner, »dass wir die Sonde – oder vielmehr ihre Trümmer – bis in alle Ewigkeit beobachten können, wie sie vor dem Schwarzen Loch stehen? Nein, wir haben sie längst aus den Augen verloren. Denn das Licht, das von ihnen zu uns kommt, ist mittlerweile schon so schwach, dass wir es nicht mehr wahrnehmen können.

Erinnern Sie sich daran, dass die Zeit umso langsamer vergeht, je näher man dem Loch kommt. Stellen Sie sich nun vor, ein Objekt befinde sich dicht an der Grenze des Lochs und sende Lichtblitze aus. Es sendet den ersten Blitz und einen Moment später – sagen wir, nach einer Sekunde – den zweiten. Während dieser Sekunde vergehen für uns aber Minuten, Tage oder Jahre. Der Abstand, mit dem die beiden Blitze bei uns eintreffen, ist also viel größer als der, mit dem sie ausgesendet wurden. Wegen dieses Effekts hat das Licht, das bei uns eintrifft, eine viel größere Wellenlänge als zu dem Zeitpunkt, als es ausgestrahlt wurde – also eine viel geringere Energie. An der Grenze des Lochs wird dieser Effekt unendlich groß: Alle Strahlung, die von dort kommt, ist unendlich weit zu größeren Wellenlängen hin verschoben, also unendlich schwach und somit nicht nachweisbar.«

Falkner schaltete das Mikrofon ab und setzte sich. Snaut, die Arme hinter dem Kopf verschränkt, grinste ihn an. »Wie wär's, Falkner – wollen Sie Pressesprecher werden?« »Sie belieben zu scherzen, Kommandant«, erwiderte der. »Darf ich Sie trotzdem auf einen Automatenkaffee einladen?« »Ja, gern«, sagte Snaut, »aber bitte mit viel Milch. Schwarz muss heute nicht mehr sein.« <<

FRANK SCHUBERT *ist freier Mitarbeiter bei* ***AH****.*
Er dankt ***HANNS RUDER*** *vom Institut für Astronomie und Astrophysik der Uni Tübingen für die fachliche Unterstützung. Diesen und weitere Artikel finden Sie unter astronomie-heute.de/schwarzeloecher.*



AH

Dinge, die in ein Schwarzes Loch fallen, scheinen dort nie anzukommen

Spannendes Thema: Schon der US-amerikanische Sciencefictionfilm »Das Schwarze Loch« stellte 1979 den Sturz in ein solches Massemonster dar. Maximilian Schell spielte die Hauptrolle.

Wie SCHWARZE LÖCHER beim Bau des UNIVERSUMS halfen

Ohne die Massemonster würden wir das Universum kaum wiedererkennen – vielleicht würden wir nicht einmal existieren

VON CHRISTOPHER WANJEK

Ihr Name deutet es schon an – Schwarze Löcher senden keinen einzigen Lichtstrahl aus. Dennoch stammt bis zu einem Fünftel der Strahlungsenergie im Universum aus ihrer unmittelbaren Umgebung. Der Mechanismus hinter diesem scheinbaren Widerspruch heißt Akkretion: Die von der extremen Schwerkraft eines Schwarzen Lochs angelockte Materie sammelt sich in einem abgeflachten Ring, der Akkretionsscheibe, um die kompakte Masse. Nahe dem Horizont des Schwarzen Lochs, dort, wo die Anziehungskraft am stärksten ist, wird das Gas in der Scheibe auf hunderte von Millionen Grad aufgeheizt und leuchtet hell auf, bevor es schließlich in seinem Schlund verschwindet.

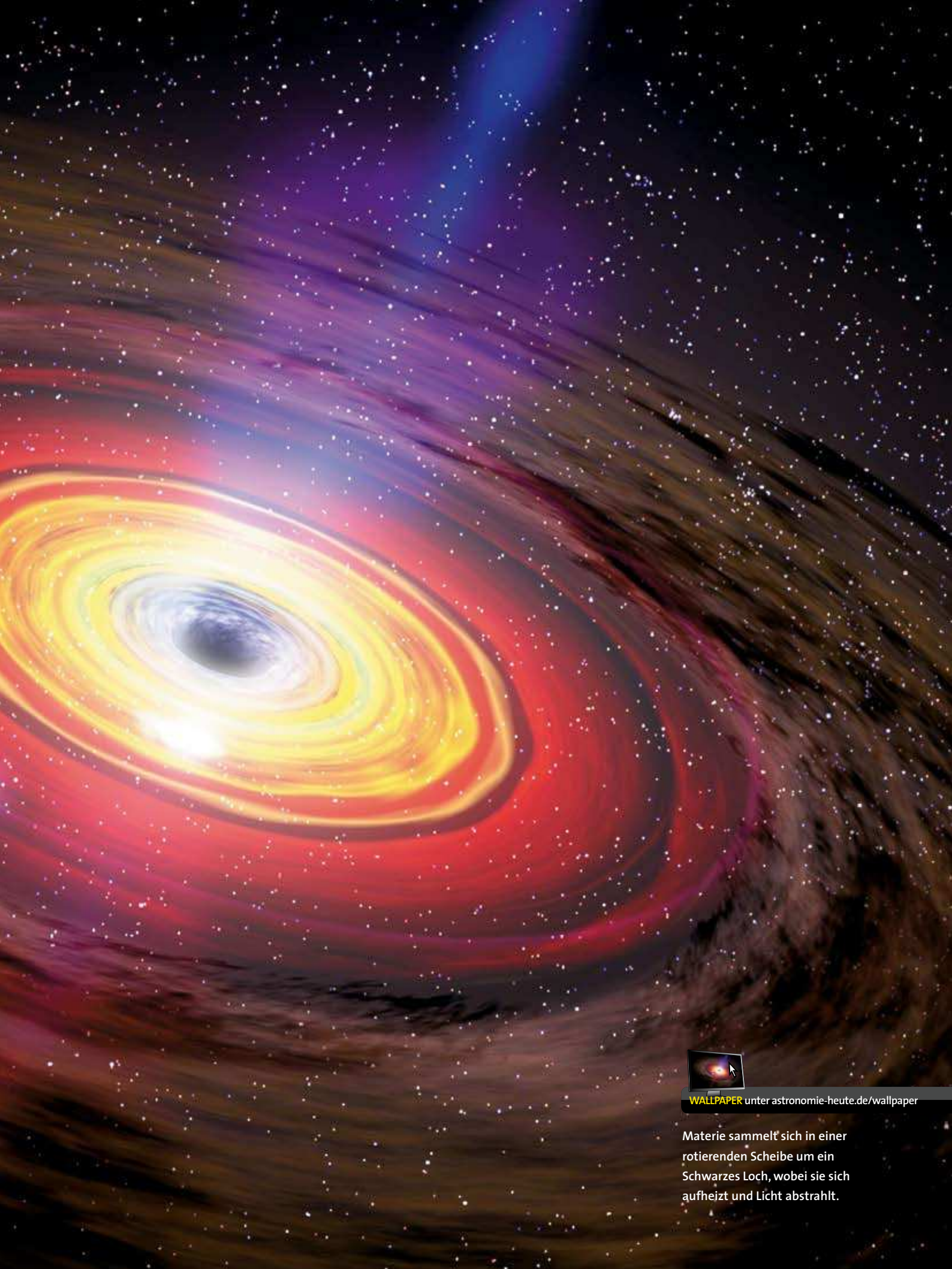
Die Akkretion ist allerdings alles andere als eine Einbahnstraße in die Unterwelt. Zwar strömt ein Teil der Materie unwiderruflich in das Schwarze Loch – doch ein ebenso großer Teil wird mit enormen Geschwindigkeiten wieder aus der Scheibe herausgeschleudert. Durch ihre enorme Gravitation und die daraus resultierenden Prozesse werden die Massegiganten so etwas wie die Chefarchitekten des Weltalls. »Ohne Schwarze Löcher würde das Universum völlig anders aussehen«, erklärt Richard Mushotzki vom Goddard Space Flight Center der Nasa.

Obwohl Schwarze Löcher eine wichtige Quelle von Strahlung und Bewegung im Universum sind, besitzen die Astrophysiker bislang nur ein äußerst rudimentäres Verständnis vom Akkretionsprozess: Materie strömt hinein und Energie kommt heraus. Das Problem beginnt mit unseren allzu simplen Vorstellungen über Schwarze Löcher als gefräßige Monster im All, die mit spielender Leichtigkeit alles aufsaugen, was ihnen zu nahe kommt.

»Tatsächlich ist es gar nicht so einfach, etwas in ein Schwarzes Loch fallen zu lassen«, klärt Mushotzki auf. Denn mit einfacher Physik lässt sich nicht einmal erklären, wie Materie jemals den Ereignishorizont erreichen kann. Diese theoretische Grenze um ein Schwarzes Loch markiert jenen Bereich, aus dem einmal hineingefallene Materie nie wieder entkommen kann. Die Situation ähnelt derjenigen in einem Karussell: Hält man sich dort nicht fest, so schleudert einen die Drehung nach außen. Auf Materie, die um ein Schwarzes Loch kreist, wirkt ebenfalls diese Zentrifugalkraft.

Dennoch scheinen Staub und Gas aus der galaktischen Umgebung ihren Weg in Richtung Höllenschlund zu finden. Besonders beeindruckend demonstrieren das die Giganten unter den Schwarzen Löchern: die Quasare. Bei ihnen handelt es sich um Galaxienkerne, angetrieben durch supermassereiche Schwarze Löcher, die heller als eine Billiarde Sonnen leuchten können. Damit durch Akkretion so viel Strahlungsenergie erzeugt werden kann, muss das

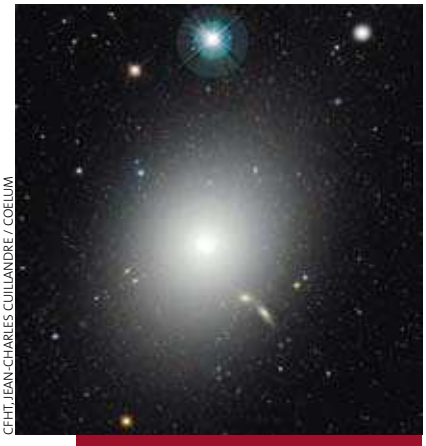
ILLUSTRATION: NASA, DANA BERRY / SKYWORKS DIGITAE



WALLPAPER unter astronomie-heute.de/wallpaper

Materie sammelt sich in einer rotierenden Scheibe um ein Schwarzes Loch, wobei sie sich aufheizt und Licht abstrahlt.

ILLUSTRATION: NASA / CXC, MELISSA WEISS



CFHT, JEAN-CHARLES CUILLANDRE / COELUM

NAH UND FERN

Der uns nächste Kandidat für ein Schwarzes Loch liegt im etwa 1600 Lichtjahre entfernten Doppelsystem V4641 Sagittari. Die Riesengalaxie M 87 (Bild oben) ist rund 55 Millionen Lichtjahre weit weg und beherbergt ein supermassereiches Schwarzes Loch in ihrem Zentrum. Den Entfernungsrekord halten aber die Quasare – mit mehreren Milliarden Lichtjahren.

Gas eine Menge von seinem Drehimpuls abgeben. Nur dann kann es nahe genug an das Schwarze Loch herankommen, um ausreichend Energie freizusetzen. Die Schwerkraft des Schwarzen Lochs kann das nicht allein bewerkstelligen.

Wie die Akkretion die gewaltige Strahlung erzeugt, ist dagegen leichter nachzuvollziehen. Obwohl auch andere Prozesse involviert sind, spielt Reibung dabei die Hauptrolle. Elektronen und Ionen, elektrisch geladenen Atome, wirbeln mit nahezu Lichtgeschwindigkeit in der Scheibe herum und senden dabei elektromagnetische Strahlung in vielen Wellenlängenbereichen aus.

Geradezu peinlich

Doch spätestens bei der Entstehung der Materieströme und Gaswinde, durch die Materie der Akkretionsscheibe zurück in den intergalaktischen Raum geblasen wird, müssen die Astronomen wieder passen. »Die Akkretion setzt eine gewaltige Menge an Energie frei«, sagt Christopher Reynolds von der University of Maryland. »Dass wir nicht verstehen, durch welchen Kanal diese Energie fließt, ist geradezu peinlich.«

Die ersten ernsthaften theoretischen Arbeiten zur Erklärung der Akkretion bei Schwarzen Löchern führten die sowjetischen Physiker Nikolaj Schakura und Raschid Sunjajew in den späten 1960er Jahren durch. In ihrer Theorie spielt Turbulenz eine entscheidende Rolle. Fließt beispielsweise Wasser mit zu hoher Geschwindigkeit durch ein Rohr, so wird die Strömung turbulent und chaotisch. Dies könnte auch in einer Akkretionsscheibe passieren, argumentierten Schakura und Sunjajew, und die Turbulenz würde dann Reibung erzeugen, die Rotation des Gases abbremsen und das Gas so auf einer Spiralbahn näher an das Schwarze Loch heranbringen. Doch unglücklicherweise ist die zu erwartende Turbulenz um ein Vielfaches zu klein, um die gemessene Akkretionsenergie zu erklären.

In den nachfolgenden drei Jahrzehnten gab es weder in der Theorie noch in der Beobachtung der Akkretionsscheiben nennenswerte Fortschritte. Zu einem wichtigen Durchbruch kam es erst 1991, als Steve Balbus und John Hawley von der University of Virginia darauf stießen, dass ein Magnetfeld die Scheibe mit Energie aufladen könnte. »Selbst ein schwaches Magnetfeld reicht dafür aus«, so Hawley.

Ihre Theorie, die so genannte Magnetorotations-Instabilität (MRI), geht davon aus, dass das in eine Akkretionsscheibe strömende Gas noch Reste des Magnetfelds enthält, das es besaß, als es noch Teil eines Sterns war. Obwohl dieses Magnetfeld relativ schwach ist, verursacht es eine Störung in der Scheibe und führt so zu einer Instabilität. Auf diese Weise verstärkt es das Magnetfeld darin und produziert so schließlich Turbulenzen in der von Schakura und

Das nur etwa 10 000 Lichtjahre entfernte Doppelsystem GRO J1655-40 besteht aus einem Schwarzen Loch und seinem Begleitstern. Das Schwerkraftmonster entstand aus einem kollabierenden Stern und enthält sieben Sonnenmassen. Von seiner Materiescheibe gehen starke Winde aus (blau).

Sunjajew erhofften Stärke. »Diese Turbulenzen sorgen letztlich dafür, dass die Materie näher an das Schwarze Loch heranströmt«, erklärt Reynolds (AH 4/2005, S. 24).

Balbus und Hawley sind bis heute dabei, die Theorie mit Hilfe von Computersimulationen zu verbessern. Gemeinsam mit Jim Stone von der Princeton University und anderen versuchen die beiden Theoretiker, realistische Strömungen durch die gesamte Akkretionsscheibe in drei Dimensionen zu berechnen. Dass es sich dabei nicht nur um eine verschrobene Tüftelei handelt, sind sich die Forscher sicher. Einige von ihnen vergleichen die Entwicklung der MRI-Theorie sogar mit der Entdeckung der Kernfusion als Energiequelle der Sterne vor rund einem Jahrhundert.

Plausible Kraft

Die Physik der Akkretionsscheiben sollte für alle Schwarzen Löcher dieselbe sein, unabhängig von deren Größe. Die Wissenschaftler können ihre Ideen also sowohl an supermassereichen Exemplaren in weit entfernten Galaxienkernen als auch an nahen stellaren Schwarzen Löchern in unserer Milchstraße testen, die einst aus Sternen hervorgingen.

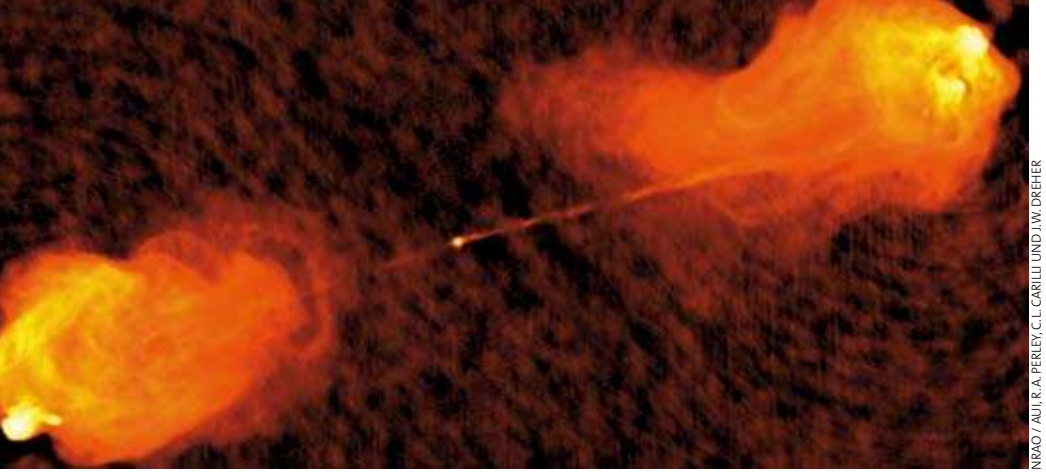
Ein Team um Jon Miller von der University of Michigan widmete sich aus diesem Grund GRO J1655-40, einem stellaren Schwarzen Loch in nur 10 000 Lichtjahren Entfernung (Bild oben). Mit Hilfe des Röntgensatelliten Chandra entdeckten Miller und seine Kollegen dort einen Wind aus heißem, ionisiertem Gas. Nachdem sie die aufgenommenen Spektren analysiert hatten, blieb nur der Magnetismus als plausible Kraft übrig, die Gas aus der Scheibe heraushebt und nach außen strömen lässt.

Blowing in the Wind

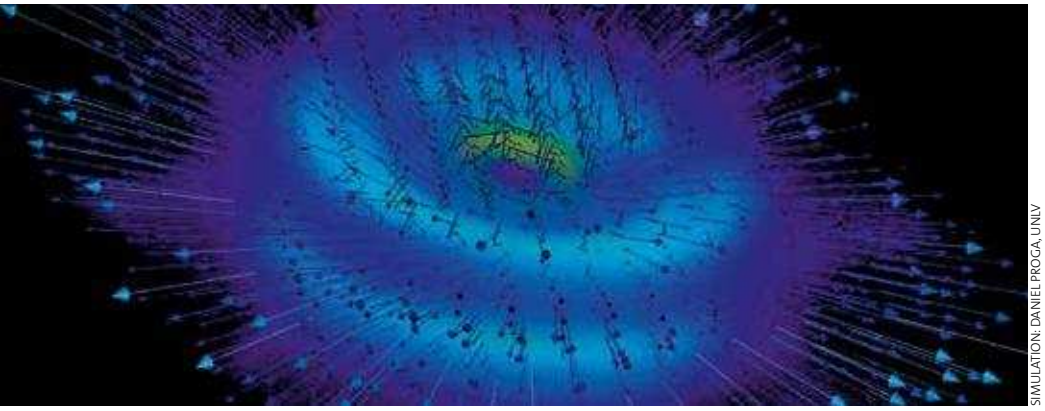
Diese Chandra-Beobachtungen sind der bislang beste Beleg für die Magnetorotations-Instabilität. Doch es gibt noch viel zu tun. Die Forscher fangen gerade erst damit an, die Einflüsse der Rotation des Schwarzen Lochs sowie der Teilchenwinde und Materieströme in der MRI-Theorie zu berücksichtigen.

Und dass Letztere nicht zu vernachlässigen sind, zeigt sich wieder am Beispiel der Quasare: Vermutlich fließt der Löwenanteil von deren Energie in so genannte Jets. Dabei handelt es sich um Teilchenströme, die senkrecht zur Akkretionsscheibe mit nahezu Lichtgeschwindigkeit herausschießen und sich über Zehntausende bis Hunderttausende von Lichtjahren erstrecken können (AH 10/2005, S. 14). Im April 2006 schätzte ein Team unter der Leitung von Steve Allen von der Stanford University und Chris Reynolds ab, dass Quasare mit einer Effizienz von zwanzig Prozent Materie in Energie konvertieren können. Zum Vergleich: Bei der Kernfusion beträgt diese Effizienz lediglich ein Prozent.

Erst jetzt beginnen Wissenschaftler zu verstehen, dass Schwarze Löcher die Chefarchitekten des Universums sind



NRAO / AUI, R. A. PERLEY, C. L. CARILLI UND J. W. DREHER



SIMULATION: DANIEL PROGA, UNLV

Das massereiche Schwarze Loch in der Galaxie Cygnus A schießt zwei Materieströme ins All (oben). Eine Computersimulation zeigt, wie ein Teilchenwind aus der inneren Region einer Akkretionsscheibe austritt (unten).

QUASARE

Trotz ihrer großen Entfernung sind Quasare (englisch: quasi-stellar radio sources) für Astronomen sichtbar und gehören zu den leuchtkräftigsten Objekten im Universum. Zunächst hielt man sie für Sterne, erkannte dann aber, dass es sich um die Kerne aktiver Galaxien handelt. Im Gegensatz zu gewöhnlichen Galaxien sammelt das Schwarze Loch in seinem Zentrum Staub und Gas um sich an und lässt dieses hell erstrahlen (AH 6/2007, S. 56).

Unabhängig von der MRI zeigen auch andere Modelle, dass Schwarze Löcher eine wichtige Rolle im Universum spielen. Eine Computersimulation von Simon White vom Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching (MPA) beginnt mit den neuesten Daten über das Nachglühen des Urknalls, der kosmischen Hintergrundstrahlung. Dann addieren die Forscher die Schwerkraft und beobachten, wie das Universum wächst. Mit der Gravitation als einziger Zutat entstehen in den Simulationen einhundertmal mehr Galaxien, als wir heute beobachten. »Zu viele, zu früh und zu groß«, fasst Mushotzky zusammen.

Zerreißende Segel

Und auch wenn die Theoretiker den Einfluss der Sternentstehung in die Simulationen einbeziehen, ändert sich nicht viel. Doch wenn sie die Akkretion auf Schwarze Löcher in ihr Modell einbinden, stimmen die Simulationen viel besser mit der beobachteten kosmischen Struktur überein. Dieser Zusammenhang deutet darauf hin, dass massereiche Schwarze Löcher keineswegs, wie lange geglaubt, nur Materie anziehen und so bei der Entstehung der Galaxien helfen, sondern dass sie durch die von ihnen ausgestoßenen Gasströme das Wachstum der Galaxien hemmen. Die von Akkretionsscheiben ausgehenden Winde können, wie die Jets, Materie aus den Galaxienzentren herausblasen. Dadurch würgen sie die Sternentstehung ab und unterbrechen zugleich ihren eigenen Nachschub. Sarah Gallagher von der University of California in Los Angeles konnte zeigen, dass einige Winde eine Geschwindigkeit von über zwanzig Prozent der Lichtgeschwindigkeit besitzen. Die Gaswinde enthalten Kohlenstoff, Stickstoff und Silizium. Sie könnten also einen effektiven Prozess darstellen, um solche Elemente in das intergalaktische Medium zu injizieren. Und das hätte ebenfalls wichtige Konsequenzen für die Galaxienentwicklung, die Sternentstehung und sogar für den Ursprung des Lebens.

Wie die Jets sind auch die Winde schwer zu erklären, insbesondere, wenn das Gas nicht elektrisch geladen ist. Denn dann lassen sich die Atome nicht einfach durch Magnetfelder beeinflussen. Daniel Proga von der University of Nevada in Las Vegas und seine Kollegen beschäftigen sich mit dem Druck, der von der Akkretionsscheibe ausgehenden Strahlung, als möglichem Antrieb für die Materie. In Computersimulationen konnten sie zeigen, dass dieser bei supermassereichen Schwarzen Löchern ausreicht, um elektrisch geladenes Gas auf hohe Geschwindigkeiten zu beschleunigen. Die Elektronen dienen dabei gewissermaßen als Segel. Ein zu großer Anteil an Röntgenstrahlung würde in diesem Bild jedoch die Segel zerreißen und es würde kein Wind entstehen. In der Nähe des Schwarzen Lochs absorbiert das Gas die Röntgenstrahlung allerdings und schirmt auf diese Weise das weiter entfernte Gas ab. Im Bereich der äußeren Scheibe kann der Wind also Geschwindigkeit aufnehmen.

Eine weitere Schlüsselfrage lautet: Warum funktioniert die Akkretion bei manchen Systemen besser als bei anderen? Das supermassereiche Schwarze Loch Sagittarius A* (Kasten S. 25) ist ein gutes Beispiel. Es besitzt nur ein Milliardstel der Leuchtkraft eines Quasars, obwohl sein Brennstoffvorrat lediglich um den Faktor tausend geringer ist. Da also genug Materie vorliegt, um das Schwarze Loch heller erstrahlen zu lassen, muss neben der MRI ein weiterer Mechanismus am Werk sein. Ramesh Narayan vom Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics und andere stellen ein Modell auf, nach dem bei nur wenig Akkretion das Gas schnell in das Schwarze Loch hinein-

fällt. Dabei wird es sehr heiß, hat aber keine Zeit sich abzukühlen. Die Wärmeenergie geht also fast vollständig im Schwarzen Loch verloren, die Leuchtkraft ist minimal. Das Modell funktioniert bei stellaren Schwarzen Löchern gut, doch einige Forscher bezweifeln, dass es auch auf die Massemonster in den Galaxienkernen zutrifft.

Schärfer als Hubble

Um die Zweifel auszuräumen oder zu bestätigen, sind die Astronomen auf der Jagd nach ersten Bildern einer Akkretionsscheibe um ein Schwarzes Loch. Aber diese Scheiben besitzen nur eine geringe Winkelausdehnung und sind zudem in Staub, Gas und Sterne eingehüllt, was ihre Beobachtung extrem schwierig macht. Einige Scheiben enthalten jedoch Wasserdampf, und dieser Wasserdampf produziert eine »Maser« genannte, laserähnliche Mikrowellenstrahlung. Mit dem Very Large Baseline Array (VLBA), einem Netz von zehn über ganz Nordamerika verteilten Radioteleskopen, ist es gelungen, viele solcher Maser zu kartieren. Das VLBA besitzt eine Auflösung von 0,001 Bogensekunden – das ist einhundertmal besser als das Hubble Space Telescope.

Eine von Lincoln Greenhill vom Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics geleitete Gruppe hat zehn Jahre lang die Spiralgalaxie M 106 (NGC 4258) im Großen Bären beobachtet und die Positionen des Wasserdampfs in einer vermuteten Akkretionsscheibe um das Schwarze Loch gemessen. Die Beobachtungen deuten auf eine dünne, verbogene und vermutlich klumpige Scheibe mit einem Durchmesser von eineinhalb Lichtjahren. Paul Kondratko, ein Student von Greenhill von der Harvard University, benutzte 2003 das VLBA, um die kühle äußere Kante einer etwa fünf Lichtjahre durchmessenden Akkretionsscheibe um ein Schwarzes Loch in der Spiralgalaxie NGC 3079, ebenfalls im Großen Bären, abzubilden. Seine Beobachtungen lieferten die bislang besten Beweise für Verdichtungen in Akkretionsscheiben.

Der 2005 gestartete japanische Röntgensatellit Suzaku liefert neue Informationen über heißes, gasförmiges Eisen, das um Schwarze Löcher herumwirbelt. Im Oktober vergangenen Jahres meldete ein Forscherteam, dass es mit Hilfe von Suzaku gelungen sei, die Neigung einer Akkretionsscheibe relativ zur Sichtlinie zu bestimmen. Darüber hinaus konnten die Wissenschaftler die Verzerrung der Raumzeit im inneren Bereich der Scheibe und die Geschwindigkeit des Gases in der Scheibe messen – über zehn Prozent der Lichtgeschwindigkeit.

Mit dem Gamma-ray Large Area Space Telescope (Glast) der Nasa, das 2008 starten soll, wollen die Astronomen den Zusammenhang zwischen Akkretionsscheiben und Jets weiter untersuchen. Wie sich die Erforschung der Schwarzen Löcher danach entwickelt, steht noch in den Sternen. Bei der vorgeschlagenen Mission Constellation-X würde die nötige Auflösung erreicht, um die Rotation des Gases in der inneren Akkretionsscheibe zu filmen. Das würde uns einen direkten Blick auf jene Regionen erlauben, in denen Energien freigesetzt werden, die das ganze Universum beeinflusst haben. Doch das Budget der Nasa fordert nahezu die komplette Streichung der Hochenergie-Astronomie, zumindest bis zum Ende des nächsten Jahrzehnts. Damit fällt dieses Forschungsgebiet sprichwörtlich in ein Schwarzes Loch – zumindest steht die Forschung für lange Zeit still. <<

CHRISTOPHER WANJEK *arbeitet bei einem Beratungsunternehmen und ist Vertragsautor der Nasa. Diesen und weitere Artikel zum Thema finden Sie unter astronomie-heute.de/schwarzeloecher.*

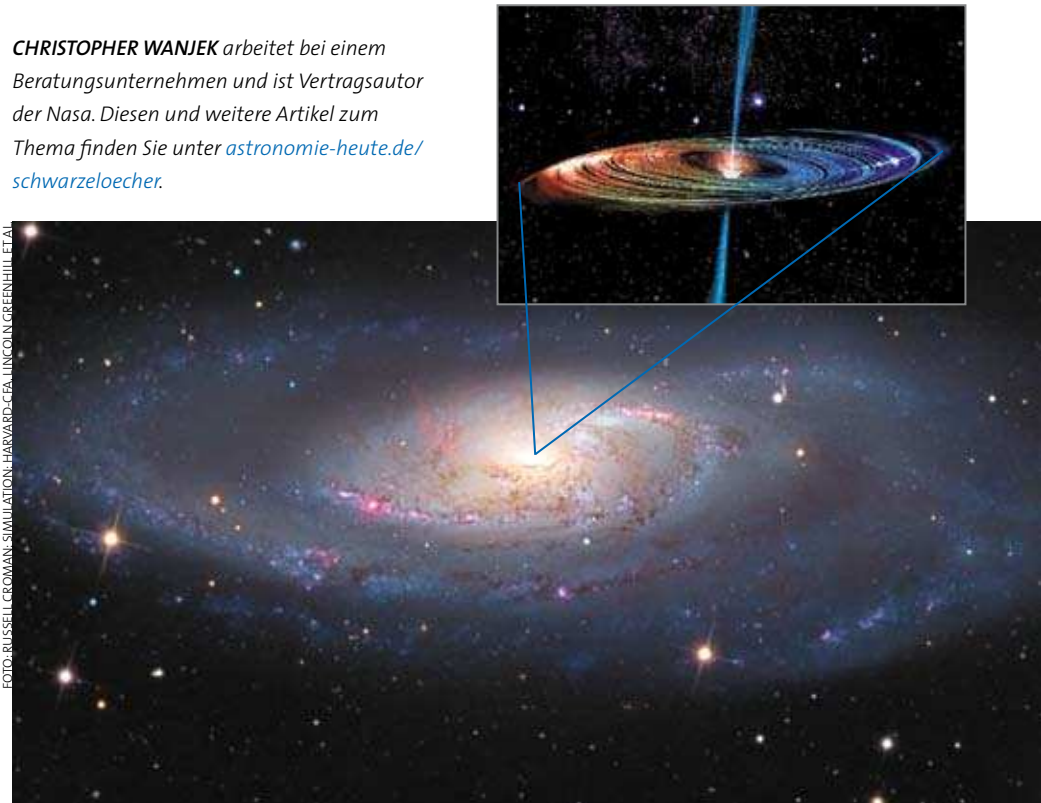


FOTO: RUSSELL CROMAN; SIMULATION: HARVARD-CFA, LINCOLN GREENHILL ET AL.

Aus Radioaufnahmen der Spiralgalaxie M 106 erstellten Astronomen ein Computermodell der Materiescheibe (Ausschnitt) um das zentrale Schwarze Loch, das vierzig Millionen Sonnenmassen in sich vereint.

wissenschaft in die schulen!

Als Ergänzung zu diesem Beitrag finden Sie unter wissenschaft-schulen.de didaktisches Material. Bevor Materie von einem Schwarzen Loch verschluckt wird, umkreist sie es in leuchtenden Scheiben. Was geschieht dabei? Warum leuchten die Scheiben? Zu diesen Fragen werden Aufgaben zum Rechnen, Zeichnen und Beobachten angeboten.

Unser Projekt »Wissenschaft in die Schulen!« führen wir in Zusammenarbeit mit der Landesakademie für Lehrerfortbildung in Donaueschingen durch. Es wird von der Klaus Tschira Stiftung gGmbH gefördert.

INVASION!

Das Remake von »Invasion der Körperfresser« – ab 18. Oktober in den deutschen Kinos

VON SETH SHOSTAK

Ein rabenschwarzer Tag für den Nasa-Chef – erneut bricht ein Spaceshuttle beim Wiedereintritt auseinander und verglüht. Doch dieses Mal sind keine beschädigten Hitzeschutzkacheln schuld, sondern außerirdische Anhalter aus der Galaxis. Kein Witz: Aggressive Aliens haben sich mal eben auf einen Trip zur Erde begeben, um unseren Planeten zu übernehmen. Das Thema ist natürlich altbekannt, doch diesmal haben wir Glück im Unglück: Die Eindringlinge wollen nämlich nur unser Bestes.

Nach dem jahrelangen Irakkrieg, der der dortigen Bevölkerung die Errungenschaften der Demokratie nahebringen sollte, ist es kein Wunder, dass Hollywood nun die Analogie zeichnet: Außerirdische durchkreuzen das All, um uns alle vor Krieg, Armut und Gewalt zu bewahren. Ihre Bemühungen materialisieren sich in unseren Kinos als »Invasion«, ein Mischmasch aus »Die Körperfresser kommen«, »Die Nacht der lebenden Toten« und einigen anderen Vorlagen.

Der dramatische Anfang des Films gestaltet sich quälend makaber. Die Außerirdischen – intelligent und doch winzig – gelangen auf die Erde, indem sie sich an die Außenhaut des Shuttles heften und eine Explosion herbeiführen, die Bruchstücke in einer zweitausend Meilen langen, hoch infektiösen Trümmerspur über den USA verteilt.

Wählerische Feinschmecker

Schnell wird klar, dass diese mikroskopisch kleinen Fieslinge von den mehr als eine Million zählenden Arten der Erde ausgerechnet eine anstecken wollen – uns Menschen. Für den Zuschauer keine Überraschung.

Einmal angekommen, machen sich die Invasoren aus dem Weltall gleich daran, die Menschheit umzumodeln. Zuerst die gute Nachricht: Sie wollen uns nicht auslöschen. Jetzt die schlechte: Sie möchten uns »verbessern«. Auf der Basis einer an den Haaren herbeigezogenen Molekularbiologie programmieren die Aliens unsere DNA um und machen uns zu gefügigen Arbeitern einer bienenstockartigen Kultur. Äußerlich sehen alle noch genauso aus wie vorher, doch mit Gefühlen ist es nun vorbei. Gruppendenken ist angesagt. Keiner schwitzt mehr, keiner lächelt und keiner hat auch nur das kleinste bisschen Spaß.

ALLE FOTOS MIT FRDL. GEN. VON 2007 WARNER BROS. ENT. AUS DEM FILM »INVASION«

Plötzlich wird die Psychiaterin Carol Bennell (Nicole Kidman) zur Gejagten.

FILMINFOS

- **Regie:** Oliver Hirschbiegel
- **Produktion:** Joel Silver
- **Drehbuch:** David Kajganich
- **Kamera:** Rainer Klausmann
- **Darsteller:** Nicole Kidman (Carol Bennell), Daniel Craig (Ben Driscoll), Jeremy Northam (Tucker Kaufman), Jackson Bond (Oliver), Veronica Cartwright (Wendy Lenk)
- **Verleih:** Warner Bros.

Joel Silver (»Matrix«) holte für diesen Film Oliver Hirschbiegel und Kameramann Rainer Klausmann, von deren Leistung bei »Der Untergang« er begeistert war. Für die Hauptrollen gewann er Oscar-Preisträgerin Nicole Kidman (»The Hours«) und »James Bond« Daniel Craig.

SUCHE NACH ALIENS

Das Programm Ozma wurde 1960 von Frank Drake ins Leben gerufen. Die Mission: Suche nach Funksignalen außerirdischer Zivilisationen (Search for Extra-Terrestrial Intelligence – Seti).

1995 beendete die US-Raumfahrtbehörde Nasa nach einem Erlass des Kongresses die Seti-Forschung. Sie wird jetzt vom privat finanzierten Seti Institute in Mountain View, Kalifornien, und von der Planetary Society in Pasadena fortgeführt.

Ohne bereits das Ende vorwegzunehmen: Dieser Veränderungsprozess – der nur etwa einen Tag dauert – ist so eklig, dass man sich lieber ein Ebolavirus wünscht. Zuerst wird man infiziert. Gewöhnlich geschieht das, indem einem jemand ins Gesicht speit – eine ganz schöne Sauerei. Sobald die Menschen mit dem infektiösen Erbrochenen in Kontakt kommen, beginnt nach dem Einschlafen der Biotech-Zauber. Die Körper der Befallenen bedecken sich mit einer schleimigen Schicht, die ein bisschen an Zuckerguss erinnert. Dies nennt sich dann »zelluläre Kondensation«. Es gibt ziemlich viel durchgeknallten Techno-Babbel in diesem Film; damit er nicht so sehr auffällt, wird deshalb an den entsprechenden Textstellen genuschelt.

Jedenfalls – nach ein paar Stunden als Schleimbeutel werden die Befallenen zu Zombies mit einer kleineren emotionalen Bandbreite als Mr. Spock oder Data.

All dies sieht nicht gerade schön aus, doch es geht wenigstens schnell. Nachdem genügend Menschen durch die Außerirdischen infiziert wurden, passiert etwas Seltsames: Die Welt wird friedlich.

Frieden zu welchem Preis?

Der Irakkrieg endet, George W. Bush und Hugo Chávez fallen sich in die Arme, der Konflikt im Sudan löst sich auf und die USA entscheiden sich für eine staatliche Gesundheitsversorgung für alle. Na ja, den letzten Halbsatz können Sie vergessen: Natürlich sind in den USA alle nichtinfizierten Mediziner damit beschäftigt, die Außerirdischen zu bekämpfen. Wer hat schon Zeit, sich mit Herzkranken zu beschäftigen, wenn »Papa nicht mehr Papa ist«?

Die Außerirdischen haben also Frieden gebracht. Doch um welchen Preis? Es zeigt sich, dass dies für die Handlung nicht besonders wichtig ist. In Wirklichkeit geht

Nicole Kidman und Daniel Craig (Mitte der Filmszene oben links) spielen zwei Psychiater, denen immer mehr Patienten berichten, ihre Angehörigen wären »nicht mehr dieselben«. Bald steht fest: Aliens übernehmen immer mehr Menschen – das Zentrum der Epidemie ist Washington D.C. Der Film wurde überwiegend an Originalschauplätzen gedreht.

es bei »Invasion« weniger darum, ob die Menschheit vor bösem außerirdischem Abschaum zu retten ist, sondern vielmehr darum, ob die süße Nicole Kidman sich und ihren Sprössling retten kann. Der Rest der Welt spielt keine große Rolle.

Dennoch, irgendwo tief in seinem Kern wirft dieser Film eine wichtige Frage auf: Sollten wir uns Sorgen über eine eventuelle Seuche aus dem Weltraum machen? Aus der Höhe, in die die Spaceshuttles gelangen, würden schädliche Mikroben unweigerlich nach wenigen Monaten auf der Erde niedergehen. Doch da dies noch nie passiert ist, scheint das Risiko durch Erreger in der unmittelbaren Umgebung der Erde gering. Was ist jedoch mit Meteoriten von anderen Planeten – oder gar aus einem fernen Sonnensystem?

Einige Befürworter dieser als Panspermie (AH 6/2005, S. 54) bezeichneten Theorie behaupten, dass sich Leben tatsächlich mit Hilfe von umherschwirrenden Gesteinsbrocken in unserer Galaxis ausbreiten könnte. Doch bis jetzt haben die Hinweise auf eine solche Infizierung des Alls die Mehrzahl der Astrobiologen nicht überzeugen können. Aktuelle Forschungsarbeiten von Wissenschaftlern wie Rocco Mancinelli vom Seti Institute zeigen, dass Mikroben zwar innerhalb unseres Sonnensystems die Reise von einem Planeten zu einem anderen überleben könnten (AH 6/2007, S. 36), einen Millionen Jahre dauernden Flug aus einem anderen Sternsystem jedoch würde selbst die resistenteste Lebensform wegen der kosmischen Strahlung nicht überstehen. Aber wollen wir uns darauf verlassen? <<

SETH SHOSTAK *ist Chefastronom am Seti Institute in der Nähe von San Francisco.*
Trailer und Links zu diesem Artikel finden Sie unter astronomie-heute.de/artikel/905484.

KÖRPERFRESSER – GESTERN UND HEUTE

Seit seinem Erscheinen im Jahr 1955 gilt Jack Finneys Romanklassiker »The Body Snatchers« als Beispiel dafür, wie treffend Sciencefiction die soziale und politische Lage auf den Punkt bringen kann. Das Buch und seine Verfilmung im Jahr darauf kommentierten die Angst vor der roten Gefahr. Das Remake von 1978 mit Donald Sutherland, Jeff Goldblum und Veronica Cartwright kam wenige Jahre nach dem Vietnamkrieg und dem Watergate-Skandal in die Kinos: als Manifestation des Vertrauensverlusts in die politische Führung. Die dritte Verfilmung 2007 gewinnt dem Thema weitere Nuancen ab, es geht um Probleme unserer Zeit, um die Angst vor einer Pandemie, vor sozialem und politischem Aufruhr.

KOSMISCHER HEXENKESSEL

Eine neue Aufnahme des Weltraumteleskops Hubble zeigt, dass in der Umgebung der Riesensonne Eta Carinae unzählige Sterne enstehen.

VON RAY VILLARD

ALLE FOTOS: NASA / ESA, STSCI / UC BERKELEY, NATHAN SMITH

Der Eta-Carinae-Nebel liefert uns großartige Einblicke in den faszinierenden Vorgang einer Sterngeburt. Etwa 7500 Lichtjahre von uns entfernt, ist er die nächstgelegene große Region, in der Sterne geboren werden.

Im Frühling dieses Jahres präsentierten Nasa und Esa ein Panoramafoto, das vom Weltraumteleskop Hubble aufgenommen wurde und einen fünfzig Lichtjahre großen Ausschnitt des Nebels zeigt. Das Bildmosaik erlaubt einen bislang einzigartigen Einblick in eine stellare Kinderstube. Er besteht aus einer sich ausdehnenden Blase aus heißem Gas, die in eine gigantische Molekülwolke aus Wasserstoff und Staub expandiert. Junge, heiße und massereiche Sterne mit ihrer intensiven ultravioletten Strahlung und ihren starken Teilchenwinden verformen die Wolke zu bizarren Gebilden.

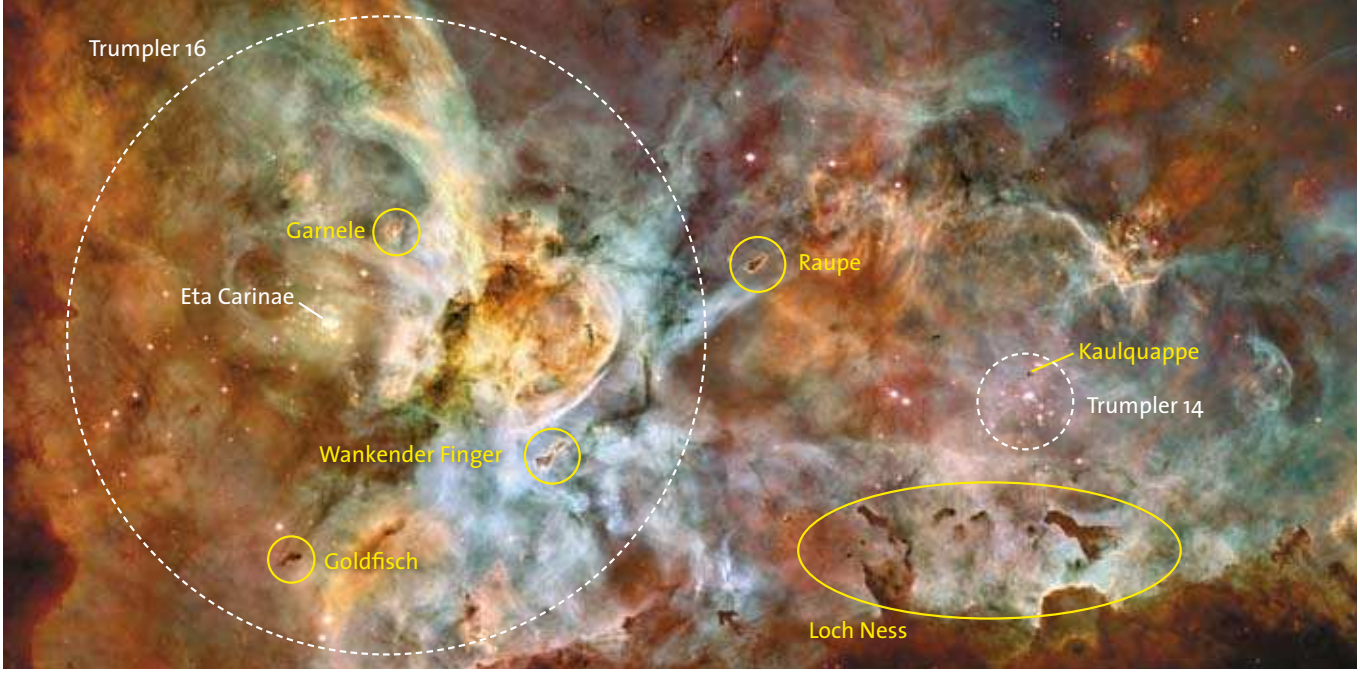
Die Aufnahme lässt unzählige Formen und Gestalten erkennen, in denen der Betrachter alles Mögliche wiederzuerkennen glaubt: Säulenähnliche Schwaden, Elefantenrüssel genannt, deuten in verräterischer Weise auf jene Quellen ionisierender Strahlung hin, von denen sie geformt wurden. Kleine Klumpen aus dunklem Gas, so genannte Bok-Globulen, driften quer durch den Nebel. »Ich untersuche den Eta-Carinae-Nebel schon seit mehr als 35 Jahren«, sagt Nolan Walborn vom Space Telescope Science Institute. »Die neuen Hubblefotos zeigen, dass das riesige Sternentstehungsgebiet viel komplexer ist, als man bisher annahm.«

Für Sternfreunde in unseren Breiten stößt die Milchstraße mitten im Sternbild Skorpion (linkes Bild) auf den Horizont. Beobachter auf der Südhalbkugel sehen dagegen die Sternsysteme Alpha und Beta Centauri (auf dem Bild mit einer Linie verbunden), das Kreuz des Südens und den Eta-Carinae-Nebel (gestricheltes Viereck). Die Nahaufnahme (rechtes Bild) hat eine Kantenlänge von drei Grad.

Chaos um Eta Carinae Mit einer fantastischen Aufnahme präsentiert sich der Eta-Carinae-Nebel auf der folgenden Doppelseite in voller Pracht. Die Breite des Bildausschnitts entspricht etwa dem Durchmesser des Vollmonds.

WALLPAPER unter astronomie-heute.de/wallpaper

Panorama des Eta-Carinae-Nebels



Die Hubble-Aufnahme im Detail, zusammengesetzt aus 32 hoch aufgelösten Schwarz-Weiß-Fotos. Um das Bild realitätsnah zu kolorieren, wurden Farbaufnahmen vom Vier-Meter-Teleskop am Cerro Tololo Inter-American Observatory in Chile herangezogen.

Weil er am Südhimmel steht, ist der Nebel unter Sternfreunden nicht so bekannt wie sein berühmter Bruder, der große Orionnebel. Doch in Sachen Bildung neuer Sonnen ist dieser ein kleines Familienunternehmen, verglichen mit der Sternfabrik Eta Carinae. Der leuchtstärkste Stern im Orionnebel ist Theta-1-Orionis-C, mit der vierzigfachen Masse unserer Sonne und einer Oberflächentemperatur von 35 000 Grad. Im Eta-Carinae-Nebel hingegen gibt es gleich mehrere Gruppen massereicher Sterne, die ein Vielfaches seiner Strahlung liefern. Zwei dieser Ensembles, Trumpler 14 und 16, sind auf den Hubblefotos zu sehen. Letzterer besitzt die mächtigste Sonne, die bisher in unserer Galaxis beobachtet wurde: Eta Carinae – ein Stern, der kurz vor seinem Untergang als Supernova steht. Die katastrophale Explosion kann sich jederzeit ereignen. Vielleicht ist die Supersonne aber auch schon explodiert und wir haben nur noch keine Kenntnis davon, weil das Licht uns noch nicht erreicht hat.

Raupe, Garnele, Kaulquappe

Einige der Bok-Globulen zeigen bizarre Formen, die Forscher mit drolligen Namen wie »Raupe«, »Garnele«, »Kaulquappe«, »Goldfisch« oder »Wankender Finger« belegen.

Am unteren Rand des Bilds sieht man einen großen, dunklen Vorhang aus Gas und Staub. Davon gehen zahlreiche »Elefantenrüssel« aus – wie Tropfsteine am Boden einer Höhle. Eine besonders auffällige Formation ähnelt verblüffend einer Gruppe von Schlangenköpfen, die sich aus einem nebligen See erheben, was ihr den Spitznamen Loch Ness einbrachte.

Die meisten Astronomen glauben, dass die heißen Sterne im Eta-Carinae-Nebel nur drei Millionen Jahre alt sind. Die Teilchenwinde der neuen Sonnen rissen einen riesigen Hohlraum in die Region. Dieser dehnt sich immer weiter aus, wobei das Material an den Rändern zusammengeschoben wird. Dadurch hat auch dort eine intensive Sternentstehung eingesetzt.

Bisher gingen die Forscher davon aus, dass unsere Sonne in friedlicher Isolation entstand, und zwar im Innern einer abgelegenen Molekülwolke der Milchstraße. Die Untersuchung von Meteoriten liefert aber immer mehr Hinweise darauf, dass unser Sonnensystem in einer sehr turbulenten Umgebung entstand, ähnlich jener, die wir heute in diesem Nebel beobachten.

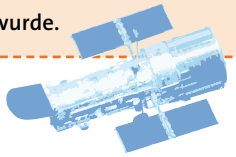
Mit anderen Worten: Unser Zentralstern wurde vermutlich in einer Sterngruppe geboren, in dem es ähnlich massereiche Sonnen wie Eta Carinae gab. Die neue Hubble-Aufnahme beweist, dass die Geburt von Sternen alles andere als ein sanfter Prozess ist. Eine interstellare Molekülwolke ist wie der Inhalt eines galaktischen Dampfkochtopfs: heiß, turbulent und chaotisch. Es fällt schwer zu glauben, dass sich das Durcheinander irgendwann einmal ordnen könnte. Doch genau das wird geschehen – und dann werden dort zehntausende neue Sterne und vermutlich auch einige neue Planetensysteme entstehen. <<

RAY VILLARD *leitet die Abteilung Öffentlichkeitsarbeit des Space Telescope Science Institute (STScI) in Baltimore.*

Mehr zu diesem Artikel finden Sie unter astronomie-heute.de/artikel/905382.

Hubble in Zahlen

Das Weltraumteleskop ist mittlerweile seit mehr als 17 Jahren im All und hat die Erde in dieser Zeit mehr als 100 000-mal umrundet. Dabei legte es insgesamt eine Strecke von vier Milliarden Kilometern zurück. Das entspricht etwa der Entfernung zwischen Erde und Neptun. Hubbles Instrumente haben etwa 500 000 Aufnahmen gemacht und 300 000 Messungen vorgenommen. Dabei wurden mehr als 25 000 Himmelsobjekte fotografiert oder analysiert. All diese Arbeiten erzeugten mehr als dreißig Terabyte an wissenschaftlichen Daten. Basierend auf diesem Material haben Astronomen etwa 7000 Fachartikel veröffentlicht. Hubble ist somit eines der ergiebigsten wissenschaftlichen Instrumente, das je gebaut wurde.



Reisen zu ANDEREN STERNEN

Konstrukteure suchen nach dem Antrieb, der die Menschen aus dem Sonnensystem herausbringt. Wie nah sind sie ihrem Ziel? Ein verkürzter Auszug aus dem neuen Buch »Vom All in den Alltag« von **Berndt Feuerbacher** und **Ernst Messerschmid**

Selbst die nächsten Sterne sind so weit entfernt, dass interstellare Sonden zumindest einen nennenswerten Bruchteil der Lichtgeschwindigkeit erreichen müssten, um ihr Ziel in einer Zeit zu erreichen, die noch in Jahrzehnten oder Jahrhunderten gemessen wird. Die unermesslichen Entfernungen bringen aber noch andere Probleme mit sich. Eine Sonde im interstellaren Raum kann ihren Funkverkehr mit der Erde nicht aufrechterhalten. Man kann sie auch nicht vom Boden aus steuern. Signale von der Erde würden Jahre brauchen, bis sie das Raumschiff erreichen. Es müsste vollkommen autonom sein, um seine Ziele ohne Hilfe von der Erde ansteuern und dort Untersuchungen durchführen zu können. Die Datensignale, die es fortlaufend zur Erde sendet, würden ebenfalls viele Jahre benötigen, bis sie dort ankommen.

Vorbild Sonne

Die Kernfusion ist die Energiequelle unserer Sonne, die das Leben auf der Erde ermöglicht und erhält. Weltweit arbeiten Physiker seit Jahrzehnten an dem Problem, die Kernfusion auf der Erde zur Energieerzeugung zu nutzen – bis heute ohne durchschlagenden Erfolg. Gelänge es, eines Tages Raumschiffe per Kernfusion anzutreiben, so ließen sich die Reisezeiten zu den Planeten unseres Sonnensystems drastisch verkürzen. Die Fusion von Deuterium mit dem Helium-3-Isotop liefert Energie von mehreren hundert Millionen Megajoule pro Kilogramm Brennstoff.

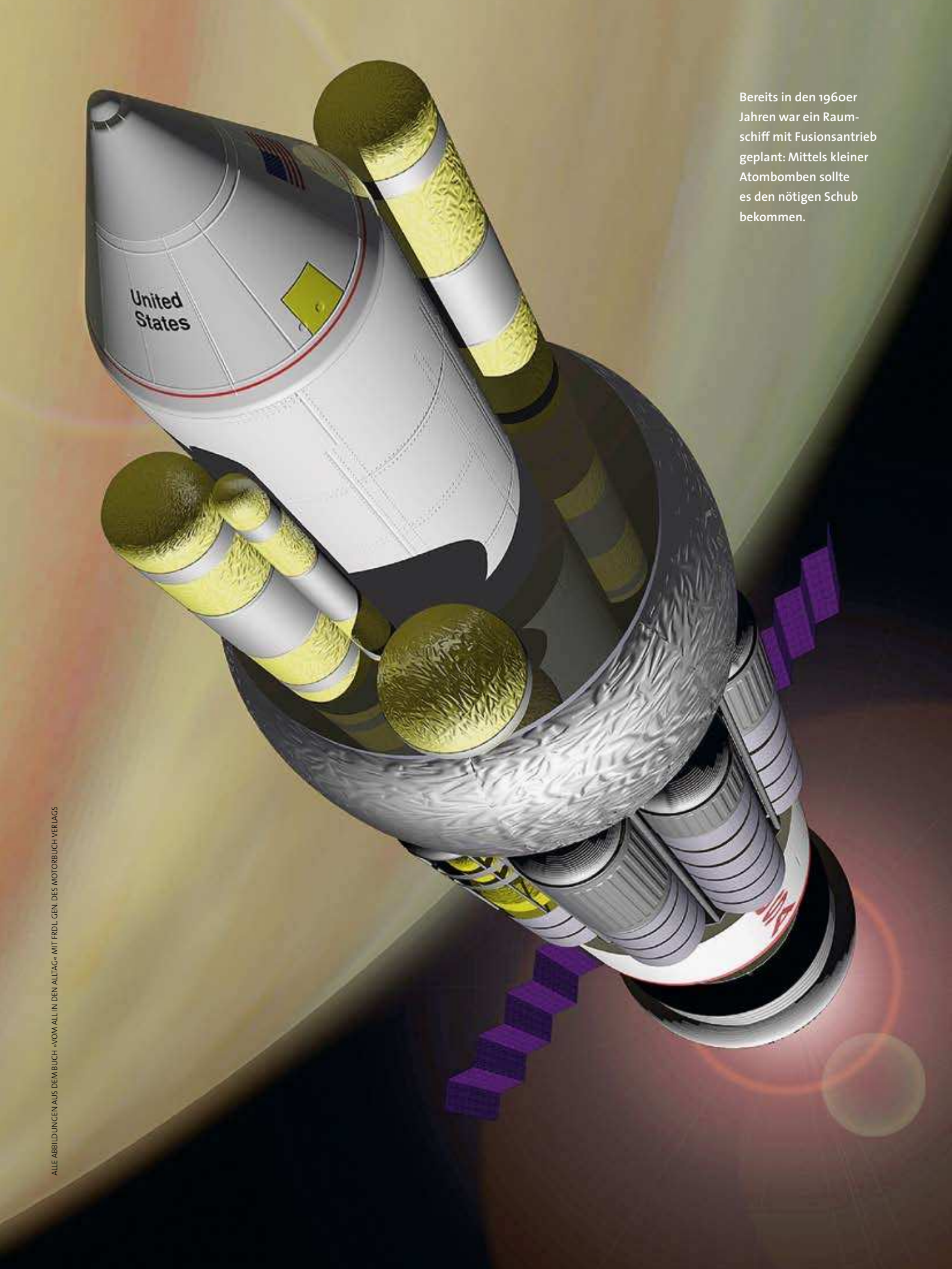
Je nach Effizienz des Antriebsaggregats könnten damit Ausströmgeschwindigkeiten von bis zu einigen Prozent der Lichtgeschwindigkeit erreicht werden. Unter der Voraussetzung, dass der Antrieb relativ leicht ist und das Verhältnis von Startgewicht zu Leergewicht des Raumschiffs günstig wird, könnte damit die enorme Endgeschwindigkeit von knapp zehn Prozent der Lichtgeschwindigkeit erreicht werden.

Die effizienteste Art der Energieerzeugung ist die Zerstrahlung von Materie und Antimaterie

Wenn wir im Rahmen unseres heutigen Physikverständnisses den Raum außerhalb unseres Planetensystems erschließen wollen, dann erfordert dies technische Entwicklungen von enormer Reichweite. Solange wir auf den Rückstoß als Beschleunigungsmethode angewiesen sind, benötigt ein Raumschiff Treibmittel, dessen Masse ausgestoßen werden kann. Konventionelle oder solare Antriebe sind im interstellaren Raum also nicht geeignet. Wir müssen völlig neue Konzepte entwickeln.

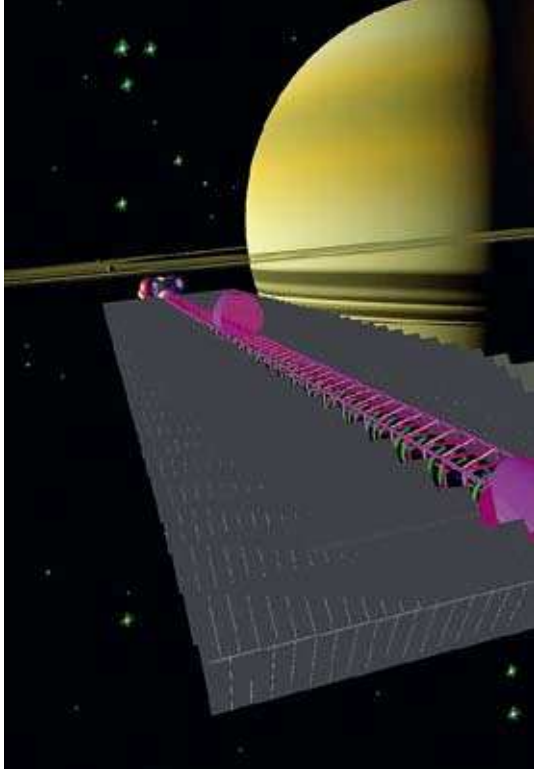
AM RAND

Zurzeit sind vier Raumsonden auf dem Weg, unser Planetensystem zu verlassen und zu anderen Sternen zu fliegen: Pioneer 10 und 11 sowie Voyager 1 und 2. Keines dieser Raumschiffe ist für eine interstellare Reise entworfen worden. Gestartet im Zeitraum von 1972 bis 1977, wurden sie ausgesandt, um die äußeren Planeten zu untersuchen. Längst haben sie die Bahn des Zwergplaneten Pluto hinter sich gelassen und durchqueren den Grenzbereich zum interstellaren Raum. Es werden allerdings noch mehrere hunderttausend Jahre vergehen, bis sie in die Nähe anderer Sterne vordringen.



Bereits in den 1960er Jahren war ein Raumschiff mit Fusionsantrieb geplant: Mittels kleiner Atombomben sollte es den nötigen Schub bekommen.

ALLE ABBILDUNGEN AUS DEM BUCH »VOM ALL IN DEN ALLTAG« MIT FRDL. GEN. DES MOTORBUCH VERLAGS



Das Buch »Vom All in den Alltag« beschreibt aktuelle Ergebnisse der Raumfahrt und Perspektiven für die Zukunft. Die komplexen wissenschaftlichen und technischen Zusammenhänge werden für Laien verständlich erklärt.

316 Seiten, 461 Bilder,
davon 425 in Farbe
ISBN 978-3-613-02785-5
Preis: € 39,90 / sFr 69,40 /
€ 41,40 (A)

Das würde zu einer Reisezeit führen, die für den Trip zum Nachbarsonnensystem Alpha Centauri mit je zwanzig Jahren hin und zurück innerhalb der Spanne eines Menschenlebens liegt. Wir beherrschen die Technik der kontrollierten Kernfusion auf der Erde jedoch noch nicht. Dagegen gibt es bereits ein Arsenal von Wasserstoffbomben, die auf der Fusion beruhen. Könnte man diese durch militärische Forschung ausgereifte Technik nicht für den Antrieb eines interstellaren Raumschiffs nutzen?

Atombomben als Antrieb

Auch diese Möglichkeit wurde durchdacht. In den späten 1950er Jahren entwickelte die Firma General Dynamics im Auftrag des amerikanischen Verteidigungsministeriums das Projekt Orion, eine Rakete mit nuklearem Pulsantrieb. Kleine Atombomben sollten ausgestoßen und kurz hinter dem Flugkörper zur Explosion gebracht werden. Eine Schubplatte sollte dafür sorgen, dass die Explosionsenergie in Vortrieb umgesetzt wird. 1959 gab es sogar einen erfolgreichen Testflug mit einem Demonstrationsmodell namens »Put-Put«, das mit sechs Testladungen hundert Meter weit flog. Aus technischer Sicht bestehen bei diesem Antriebsprinzip keine grundsätzlichen Probleme. Dennoch wurden die Arbeiten 1965 wegen des internationalen Vertrags zum Verbot von Atomwaffentests im Weltraum eingestellt.

Jedes Raumfahrzeug mit Rückstoßantrieb muss Materie an Bord haben, die, mit hoher Geschwindigkeit ausgestoßen, für den nötigen Schub sorgt. Der amerikanische Physiker Robert W. Bussard publizierte im Jahr 1960 die Idee, diesen Treibstoff im Weltraum selbst aufzusammeln, wie ein Jet, der in der Atmosphäre Sauerstoff zur Verbrennung ansaugt und ihn daher nicht mitzunehmen braucht.

Der Raum zwischen den Sternen ist nicht völlig leer, in jedem Kubikzentimeter befinden sich zwischen ein bis hundert Teilchen, vorwiegend Protonen, positiv geladene Wasserstoffkerne. Das von Bussard vorgeschlagene Konzept sammelt diese Materie über einen großen Trichter ein und verdichtet sie, ähnlich wie ein Staustrahltriebwerk (Ramjet) in der Atmosphäre. Der eingefangene Wasserstoff wird in einem Kernfusionsreaktor zu Helium verschmolzen. Mit ausreichend langen Beschleunigungsphasen könnten einige Prozent der Lichtgeschwindigkeit erzielt werden. Geht man etwas genauer ins Detail, so zeigen sich an dieser faszinierenden Idee einige Schwierigkeiten. Der Trichter, der wegen der positiven Ladung der Protonen auch aus einem magnetischen Feld bestehen kann, müsste eine Ausdehnung von mindestens 10 000 Kilometer haben. Die Wasserstoffkerne verschmelzen nur bei extrem hohen Temperaturen und enormem Druck.

Die effizienteste Art der Energieerzeugung ist die direkte Zerstrahlung von Materie und Antimaterie. Das ist aus physikalischer Sicht der Treibstoff mit dem höchs-

Bisher nur Fiktion: Ein Ramjet-Triebwerk (links) sammelt interstellares Gas ein und erhitzt es in einem Fusionsreaktor. Auf diese Weise muss keine Treibstoffmasse zur Erzeugung des Rückstoßes mitgeführt werden. Das rechts abgebildete Raumfahrzeug, ebenfalls mit Fusionsreaktor, verfügt über kilometerlange Radiatoren, um überschüssige Wärme abzustrahlen.

ten Wirkungsgrad. Die Masse wandelt sich nach Einsteins Gleichung $E = m c^2$ vollständig in Energie um. Die Ausströmgeschwindigkeit käme in die Nähe der Lichtgeschwindigkeit. So könnte ein Raumschiff mit einer im Verhältnis zur Gesamtmasse signifikanten Treibstoffmenge auf einige Zehntel der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden. Leider hat auch dieses einleuchtende Prinzip einen Haken, genau genommen sogar zwei.

Explosive Angelegenheit

Zum Ersten ist die Herstellung von Antimaterie nicht einfach. Sie wird heute in kleinsten Mengen, gemessen in wenigen Teilchen, in den größten Beschleunigern der Erde mit ungeheurem Energieaufwand hergestellt. Zum Zweiten gibt es bisher noch keine Behälter, in denen man Antimaterie aufbewahren kann. Bei Kontakt mit auch nur einem einzigen Atom normaler Materie zerstrahlt dieses mit der Antimaterie – eine sehr explosive Angelegenheit. Sie kann nach heutiger Technik nur in luftleer gepumpten Ringsystemen mit Hilfe extrem starker, meist supraleitender Magnetspulen für wenige Monate aufbewahrt werden.

Stellen wir uns vor, die Konstruktionsprobleme sind gelöst und wir verfügen über ein Raumschiff mit Antimaterie-Antrieb. Wie würde ein Flug zum nächsten Stern aussehen? Der Antrieb wird auf eine Beschleunigung eingestellt, die der Erdanziehungskraft entspricht und konstant während des gesamten Flugs läuft. Das ist angenehm für die Passagiere und vermeidet medizinische Probleme. In der Mitte der Flugstrecke wird das Raumfahrzeug um 180 Grad gedreht und bremst nun während des restlichen Flugs. Sehen wir in Flugrichtung durch ein Fenster, so scheinen die Sterne immer enger zusammenzurücken. Es werden Himmelskörper seitlich sichtbar, die in Wirklichkeit längst hinter dem Raumfahrzeug liegen.

Dieser Effekt kommt zu Stande, weil das Fahrzeug in die Lichtstrahlen der hinter ihm liegenden Sterne hineinfliegt. Die Verzerrung wird bei der Annäherung an die Lichtgeschwindigkeit so stark, dass man alle Sterne in einem schmalen Kegel vor sich sieht. Deren Farbe wird durch den Dopplereffekt ins Blaue verschoben. Sie wird mit höherer Geschwindigkeit violett und dann sogar ultraviolett, sodass man sie gar nicht mehr sehen kann. Zwar werden infrarote Sterne in den sichtbaren Bereich verschoben, diese haben aber entweder eine sehr niedrige Temperatur oder sind extrem weit entfernt, leuchten also schwach. Vor uns liegt dann ein dunkles Loch ohne Sterne. Nach hinten erhalten wir eine Rotverschiebung bis ins Infrarote. Beim Abbremsen werden diese Effekte wieder umgekehrt, sodass rechtzeitig zur Landung der Doppelstern Alpha Centauri wieder in der Originalfarbe zu erkennen ist.

Es ist heute immer noch schwierig, eine Aussage darüber zu machen, ob interstellare Reisen technisch – und menschlich – möglich sind oder nicht. Wann jemals Astronauten zu anderen Sternen fliegen werden, ist ungewiss. Vieles erscheint uns heute noch recht utopisch. Vor gar nicht langer Zeit galt auch der Flug zum Mond als reine Utopie. Heute ist er Geschichte. <<

***BERNDT FEUERBACHER UND ERNST MESSERSCHMID** sind beide von der Raumfahrt begeistert.*

Berndt Feuerbacher
ist seit über dreißig Jahren in der Raumfahrt aktiv und baut derzeit in Bremen das neue Institut für Raumfahrtsysteme im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt auf. Er beschäftigt sich vor allem mit der Forschung unter Schwerelosigkeit sowie mit der Untersuchung von Kometen und der Marsoberfläche.

Ernst Messerschmid
hat als Wissenschaftsastronaut viele Weltraumexperimente konzipiert und an Bord von verschiedenen Raumfahrtplattformen zum Einsatz gebracht. Als Professor der Universität Stuttgart forscht er an der Architektur von Raumstationen, rückkehrfähigen Raumtransportsystemen und planetaren Transferfahrzeugen.

Kosmos im Comic

UNIVERSAL WAR ONE

ALLE ABBILDUNGEN: DENIS BAJRAM / MC PRODUCTIONS / SPLITTER VERLAG

In der Welt des französischen Comic-Schöpfers Denis Bajram erobert die Menschheit die anderen Planeten – gleich eine ganze Flotte von Raumschiffen hat den Saturn erreicht. Und das bekommt ihm gar nicht gut: Im ersten der auf sechs Bände angelegten Comicserie »Universal War One« reißt ein Tankschiffunfall ein riesiges Loch in die Saturnringe (oben). Die Ausbreitung des Homo sapiens im Planetensystem gleicht dem Einfall einer wild rodenden Horde im Regenwald.

So kaputt wie der Stolz des Gasriesen sind auch die Helden in Denis Bajrams Geschichte. Das bunt zusammengewürfelte »Schwadron Purgatory« besteht aus einem Haufen komplexer Charaktere, die so gar nicht danach aussehen, als könnten sie die Menschheit retten. Nach dem üblichen Muster aller SF-Storys müssen sie das aber: »Die Freiheit des Sonnensystems liegt in Ihren Händen«, so der Comic-Admiral. Das Unheil manifestiert sich als mysteriöse schwarze Mauer, die ein Drittel des irdischen Nachthimmel ausfüllt und hinter dem Saturnorbit beginnt. Sie erweist sich als riesige Sphäre, in deren Zentrum der Uranusmond Oberon liegt, und begrenzt ein vom übrigen Sonnensystem abgekapseltes Stück Raumzeit. Handelt es sich um ein außerirdisches Artefakt, ein von Menschen gemachtes Geheimexperiment oder um ein astrophysikalisches Phänomen? Die Piloten der Schwadron Purgatory werden es herausfinden!

Wofür George Lucas eine ganze Lichtindustrie benötigt respektive seine Firma Industrial Light and Magic, da genügen Bajram Tusche und Papier: große Raumschiffe, die in der gewaltigen Leere mächtige Gasplaneten umkreisen. Wie das Star-Wars-Kino variiert die Bildergeschichte gekonnt das Tempo. Dabei kommt die Dynamik des Comics durch »schnelle Schnitte« und »Kamerafahrten« sowie eine geschickte Einbettung kleiner, die Handlung tragender Bilder in große Panoramen. Dazwischen finden sich dann wieder elegische Szenen, in denen die Charaktere sorgfältig entwickelt werden: Monologe, Rückblenden und Traumsequenzen. Diese erzählerische Vielfalt verleiht dem Comic Abwechslung und Tiefe.

In Bajrams Zukunftsvision haben sich die metallenen Raumschiffe in Kleinstadtgröße weit von dem filigranen Röhrengerüsten heutiger Orbitalstationen entfernt. Sie versprühen den eher uneleganten Charme von Flugzeugträgern. Dennoch – es ist Raumfahrt im ganz großen Stil und für Space-Fans weitaus aufregender als die Rückkehr der Nasa zum Apollo-Design. Das »Design« der Saturnringe genießen wir aber besser, solange es sie noch gibt! <<

STEFAN TAUBE *ist Buchhändler und SF-Fan.*

DIE SINTFLUT

Der vierte Band von UW1 ist jetzt neu im Handel.

GENESIS

Band 1 der sechsteiligen Reihe erschien im November 2006.

Google Earth: Sky – per Breitband zu den Sternen

Seit August macht der Suchmaschinengigant aus Kalifornien auch vor dem Sternhimmel nicht mehr Halt ...

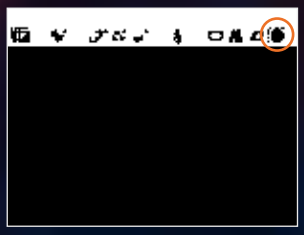
VON STEFAN TAUBE

Faszinierend und Ehrfurcht gebietend, so wirkt der Sternhimmel unmittelbar auf jeden, der den nächtlichen Lichtschleier der Städte verlässt. Spätestens seit das 1990 gestartete Hubble Space Telescope scharfe Bilder liefert, hat das Universum noch einen Aspekt hinzugewonnen: Es ist nun außerdem sehr bunt und voller filigraner Strukturen von überwältigender Schönheit. Mit seinen berühmten Aufnahmen prägt das Teleskop wortwörtlich das Weltbild auch derjenigen Öffentlichkeit, die von Wissenschaft sonst eher unberührt bleibt. Wie kaum ein anderes Instrument erfüllt Hubble damit eine vorbildliche Doppelfunktion aus Forschung und Vermittlung. So ist es durchaus konsequent, dass dieses populäre Weltraumteleskop nun mit dem Betreiber der beliebtesten Suchmaschine im Internet eine Liaison eingegangen ist.

Mit dem neuen »Sky«-Feature der frei im Internet verfügbaren Software Google Earth können die Hubble-Bilder gewissermaßen in ihrer natürlichen Umgebung betrachtet werden. Dazu haben Mitarbeiter des Space Telescope Science Institute (STScI) in Baltimore, Maryland, der wissenschaftlichen Institution hinter dem Weltraumteleskop, 125 Bilder ausgewählt und in die Himmelsdarstellung von Google eingepasst. So kann nun jeder Internetnutzer mit der von Google Earth gewohnten Steuerung über den Himmel wandern und dabei über das blaue Hubble-Icon (siehe Abbildungen rechts) stolpern. An diesen Stellen befinden sich die Deep-Sky-Aufnahmen. Durch einen Klick auf das Icon öffnet sich ein Fenster mit ausführlichen Informationen; und wem das nicht reicht, der findet dort gleich einen Link zur passenden Seite des STScI – das alles allerdings zurzeit nur in englischer Sprache. So erschließt sich durch dieses wohl spektakulärste Programmfeature von Google Sky das umfangreiche Material der offiziellen Hubble-Internetseite auf völlig neue Art. Es ist ein bisschen so wie in Second Life: Ein riesiges Informationsangebot wird durch eine virtuelle begehbare Welt auf ganz andere Weise erfahrbar.

Nicht nur Hubble

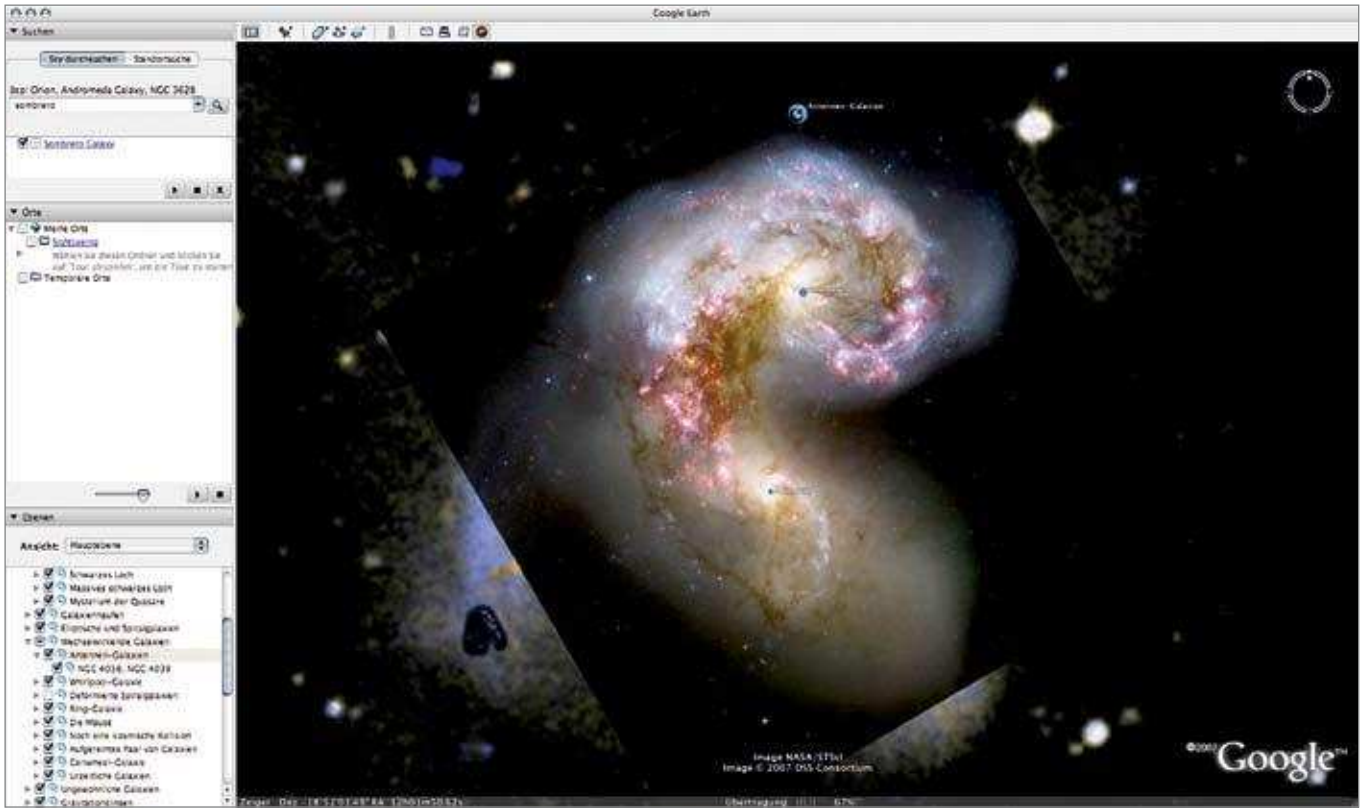
Zu den Bildern des Weltraumteleskops Hubble muss es natürlich einen Hintergrund aus Sternen geben. Dafür sorgen zwei große fotografische Himmelsdurchmusterungen, der Digitized Sky Survey (DSS) und der Sloan Digital Sky Survey (SDSS). Sie verschaffen Google Sky eine im-



EIN KLICK
genügt, um zwischen Google Earth und Google Sky hin- und herzuschalten. Der Sternhimmel entspricht dann der tatsächlichen Ansicht über dem zuvor in Google Earth ausgewählten Standort.

Google Sky bringt die grandiosen Hubble-Aufnahmen an den Ort, wo sie hingehören: den Sternhimmel!

Zoom in den Himmel: Von der Weitwinkeldarstellung, die die Sternbilder zeigt (oben), gelangen Sie bei steigender Vergrößerung in die Detailansichten. Zunächst treten die einzelnen Sterne und Objekte hervor (Mitte): Hier werden die englischen Eigennamen, die Bayer-Bezeichnungen und die Nummern aus dem Henry-Draper-Katalog eingeblendet. Die höchste Zoom-Stufe zeigt Deep-Sky-Objekte im Detail mit den darüberliegenden Hubble-Aufnahmen (unten). Ein Klick auf das blaue Icon blendet Zusatzinformationen ein (ganz unten).



Diese dem Sternhimmel überlagerte Hubble-Aufnahme zeigt die »Antennen-Galaxien« im Sternbild Rabe. Der Screenshot zeigt die von Google Earth gewohnte Bildschirmaufteilung.

mense Sternfülle. Diesem Himmelshintergrund können nun verschiedene »Ebenen« zugeschaltet werden (siehe Kasten links). Bereits erwähnt habe ich die Funktionen der Ebene »Hubble-Schaufenster«. An diesem lässt sich auch eine Problematik der Suche in Google Sky demonstrieren: Die Liste aller Bilder des Weltraumteleskops ist zwar in Deutsch verfasst, doch die Suchfunktion kennt nur die englische Entsprechung. So kann der Pferdekopfnebel im Orion durch einen Klick auf seinen Eintrag in der Liste der Hubble-Bilder angesteuert werden, die Suche findet ihn aber nur als »Horsehead Nebula«.

Eine weitere interessante Ebene neben dem Hubble-Schaufenster ist der bei Amateurastronomen so beliebte Messier-Katalog. Wird diese Ebene zugeschaltet, erscheint der Google-Himmel mit roten Punkten übersät. Hinter diesem verbergen sich die Sternhaufen, Nebel und Galaxien aus dem berühmten Verzeichnis des französischen Astronomen. Ein Doppelklick auf solch einen roten Punkt zentriert das Messier-Objekt und zoomt an es heran, wobei die Vergrößerung allerdings meist viel zu hoch ist. Das Besondere daran: Zu jedem Ziel sind Informationen aus der frei verfügbaren Internetenzyklopädie Wikipedia hinterlegt. Ein Klick öffnet ein Browserfenster mit der jeweiligen Webseite.

Zwei zuschaltbare Ebenen dienen ganz der Didaktik: »Handbuch der Galaxien« und »Ein Sternenleben«. Wählt der Anwender einen Eintrag innerhalb dieser Ebenen an, leitet ihn Google Sky zu einem Vertreter am Himmel, der exemplarisch für die entsprechende Objektklasse steht. So führt der Klick auf »Roter Riese« zum Stern Aldebaran. Dort finden sich dann Hintergrundinformationen zum jeweiligen Thema, hier zu Roten Riesen. Wer also fleißig alle Einträge der Reihe nach abarbeitet, bekommt eine Einführung in Astrophysik – allerdings auch wieder nur auf Englisch.

Nicht nur Google

Zwei Ebenen in Google Sky wurden bisher noch nicht erwähnt: »Der Mond« und »Die Planeten«. Sie zu nutzen lohnt sich nicht, denn hier liegen die Schwächen von Google Sky. Das Programm in seiner jetzigen Version ist einfach keine Planetariumssoft-

MESSIER & CO.

In der Ebenen-Auswahl können Sie sich in der Himmelsansicht weitere Informationen und Objekte einblenden lassen, wie Sternbildlinien, den Mond und die Planeten.

Deep-Sky-Fans stehen der Messier- und der NGC-Katalog zur Verfügung.

ALTERNATIVEN FÜR PLANETENFANS

»Celestia« haben wir in der Ausgabe März 2005 vorgestellt (S. 74), einen ausführlichen Blick auf »Stellarium« bieten wir Ihnen in einer der nächsten Ausgaben von **astronomie heute**!

ware: Es fehlt die Möglichkeit, einen genauen Standort für die virtuelle Beobachtung festzulegen und mit einem Horizont auszustatten sowie ein Koordinatensystem zu hinterlegen. Es kann kein beliebiges Datum eingestellt werden, um den Himmelsanblick zu verschiedenen Zeiten zu betrachten. Die Zeitsteuerung zur Simulation der Bewegungen von Planeten und anderen Objekten des Sonnensystems ist nur sehr rudimentär möglich, wobei Monde und andere Objekte des Sonnensystems sogar ganz fehlen.

Daher soll an dieser Stelle exemplarisch auf zwei andere, ebenfalls frei im Internet verfügbare Programme hingewiesen werden (siehe Kasten oben): Da wäre zum einen Stellarium, eine Software, die alles bietet, was ein Planetariumsprogramm haben sollte, und zusätzlich durch eine optisch sehr ansprechende Himmelsdarstellung besticht. Zum anderen die Software Celestia. Dieses kultige Programm eignet sich besonders für Flüge durch das Sonnensystem und darüber hinaus. Bei beiden Programmen handelt es sich um Open-Source-Software, die von allen Nutzern weiterentwickelt und ergänzt werden kann. So kann jeder Anwender dank einer relativ einfachen Skriptsprache eigene Führungen für Celestia erstellen und im Internet anbieten. Dazu dient eine spezielle Seite auf der Celestia-Homepage, hier findet sich eine Sammlung mehr oder weniger sinnvoller Skripte zum Herunterladen – von Flügen echter Raumsonden durch unser Sonnensystem bis hin zum fiktiven Star-Wars-Universum.

Das neue »Sky«-Feature von Google Earth wirkt in vielerlei Hinsicht noch unfertig: Die Darstellung des Himmelshintergrunds ist ein arger Flickenteppich, Fotos mit unterschiedlichen Farbfiltern überlagern einander. Nicht selten stößt man auf Streifen und Linien, die in der legendären Fernsehserie Akte X eine Folge wert gewesen wären. Noch kurioser ist, dass man sich sehr irdische Orte anzeigen lassen kann. Hamburg etwa liegt im Sternbild Großer Bär. Doch sollte man nicht zu kleinlich mit solchen Bugs sein, denn erstens ist die Anwendung kostenlos und zweitens handelt es sich bei solchen Internet-Projekten ja immer um »work in progress«, will heißen: Experten arbeiten rund um die Uhr an Verbesserungen und Erweiterungen.

Bislang gibt es in der Software keinerlei Community-Elemente wie beim Vorreiter auf diesem Gebiet, dem browserbasierten »WikiSky« von sky-map.org. Auch Google Sky ist ja prinzipiell geeignet, den Anwendern die Möglichkeit zu geben, eigene Aufnahmen zu publizieren. Es wäre sehr verwunderlich, wenn die Macher hier nicht bald nachlegen würden, denn schließlich ist ihr Baby ein echtes Internet-Programm: Es wird nicht nur wie Celestia und Stellarium über das World Wide Web vertrieben und aktualisiert, sondern ist nur mit einer Breitbandverbindung ins Internet sinnvoll nutzbar.

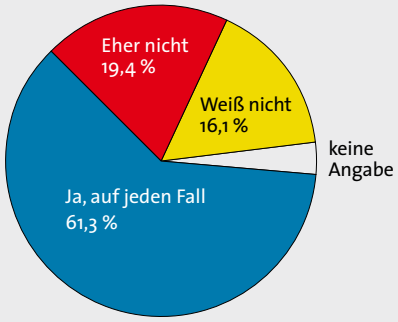
Nicht nur Retorte

Nach Aussage Alberto Contis vom STScI, der auf dessen Seite für das Projekt zuständig ist, sollen in Zukunft alle neu veröffentlichten Aufnahmen des Weltraumteleskops sofort auch für den Google-Himmel zur Verfügung stehen. Außerdem hofft er, dass noch weitere Nasa-Missionen mit ins Boot steigen. Auf diese Art könnte sich Google Sky wirklich zu einem riesigen virtuellen Observatorium entwickeln, in dem man ähnlich stöbern kann wie bisher schon über die Erdoberfläche in Google Earth.

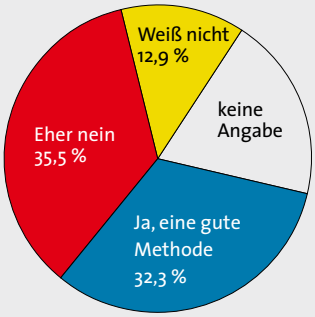
Die echte Faszination Universum stellt sich so richtig aber nur beim Anblick des Originals ein, weshalb bei wolkenlosem Himmel der Computer besser aus bleiben sollte. <<

STEFAN TAUBE *hat einen Acht-Zoll-Dobson – und jetzt für Schlechtwetternächte Google Sky auf seinem 2×1,4-GHz-PC installiert.*
Den Artikel und weitere Verweise finden Sie unter astronomie-heute.de/artikel/905548.

Können Sie sich vorstellen, dieses Programm-Feature öfter zu benutzen?



Könnten Sie sich vorstellen, das Sky-Feature im Unterricht einzusetzen?



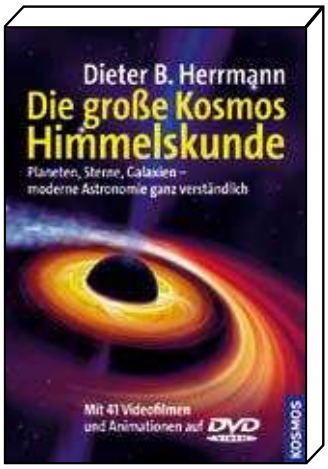
61 Prozent der Befragten beabsichtigen fest, Google Sky öfter zu benutzen (oben). Nur 13 Prozent waren vom ersten Eindruck enttäuscht. Fast ein Drittel der Umfrageteilnehmer wollen das Programm zum Unterrichten oder für Präsentationen einsetzen (unten).

= bedingt empfehlenswert = empfehlenswert = sehr empfehlenswert

Günther Hasinger

DAS SCHICKSAL DES UNIVERSUMS

Verlag C.H.Beck, München 2007,
288 Seiten, gebunden,
ISBN 978-3-406-56203-7,
22,90 € (D), 23,60 € (A)



Dieter B. Herrmann

DIE GROSSE KOSMOS HIMMELSKUNDE

Kosmos Verlag, Stuttgart 2007,
208 Seiten, gebunden,
mit 41 Clips auf DVD,
ISBN 978-3440109281, 19,95 €

DREIMAL ASTRO KOMPLETT

Alle Bücher dieses Trios sind so etwas wie ein Fünf-Gänge-Menü der Astronomie – teils leichtere, teils schwerere Kost. Aber so findet jeder Leser etwas für seinen Geschmack!

ETWAS VON ALLEM, BITTE!

Das Schicksal des Universums – dieser Titel klingt nicht gerade bescheiden. Er bringt einen Absolutheitsanspruch mit sich, der nicht leicht zu erfüllen ist. Umso beeindruckender, dass Günther Hasingers Buch voll und ganz einhält, was sein Titel verspricht. Es beschreibt die Geschichte des Kosmos vom Urknall bis weit in die Zukunft – und zwar spannend, fundiert und strukturiert.

Der Autor, Direktor am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, gilt als einer von Deutschlands Topastronomen. Sein Buch ist in jeder Hinsicht gelungen, es beginnt beim Urknall und geht chronologisch durch die Geschichte des Universums. Hasinger schildert die Frühphasen des Alls, die Entstehung der Materie und die Bildung von Sternen und Galaxien. Er beschreibt die Zukunft des Kosmos – wie sich die Verteilung der Materie ändert, wohin sich Sterne und Galaxien entwickeln und was in allerfernster Zukunft passieren wird. Am Ende steht ein kompakter Überblick sowie die Frage, ob in diesem Wissensgebäude Platz für einen Gott bleibt.

Ganz Wissenschaftler, behandelt Hasinger das Thema äußerst sachkundig und sorgfältig. Das machen andere Forscher, die populäre Bücher schreiben, zwar auch. Was Hasinger jedoch auszeichnet, ist sein Erzählstil, der die Lektüre seines Werks zum spannenden Erlebnis macht. Hoch anzurechnen ist ihm, dass er auch die menschliche Seite der Forschung beleuchtet, indem er Anekdoten von berühmten Wissenschaftlern einstreut.

Das Werk ist ein Ritt durch die moderne Kosmologie, Teilchen- und Astrophysik. Da kann nicht ausbleiben, dass es zum Teil fachlich anspruchsvoll ist – etwa, wenn es um die Anfänge des Universums geht. Dafür bekommt der Leser aber einen gründlichen Einblick in die Forschung und erkennt Zusammenhänge. Wer sich für die großen Fragen unserer Zeit interessiert, der sollte »Das Schicksal des Universums« unbedingt lesen. *>> Frank Schubert*

FÜNF-STERNE-FAST-FOOD-KOSMOS

»Groß« soll sie sein, die »Himmelskunde« von Dieter B. Herrmann. Dieser Titel verwundert, denn das Buch ist weder besonders großformatig noch umfangreich. Wirklich großartig hingegen sind viele der Videoschnipsel auf der beiliegenden DVD. So zum Beispiel ein spektakulärer Zoom in den Orionnebel oder ein Film über offene Sternhaufen und Kugelsternhaufen. Dabei ist die DVD mehr als nur eine bloße Zugabe, denn der Verlag hat sich die Mühe gemacht, mit kleinen Bildern im Buch auf den Film der DVD hinzuweisen, der den Text sinnvoll ergänzt.

Die »Himmelskunde« selbst führt in einem »klassischen« Aufbau fundiert quer durch die Astronomie: von den Grundlagen über das Sonnensystem zu den Galaxien bis hin zum Universum als Ganzem, um schließlich mit astrobiologischen Spekulationen einen faszinierenden Schlusspunkt zu setzen. Dabei geht die Darstellung nicht besonders tief: Wichtige Aspekte wie beispielsweise die spektrale Zerlegung des Lichts oder der Dopplereffekt werden gerade mal auf zwei Seiten abgehandelt.

Da der Autor dem Leser wenig zumutet, kann er ihm auch nicht viel erklären, und daher bleibt das Buch oft vage und ungenau. Dennoch bietet es einen sehr soliden Überblick über alle großen Themenbereiche der Astronomie und ist als Einstiegswerk für Ihre eigene astronomische Bibliothek zu empfehlen. Wenn es Herrmann gelingt, weiteres Interesse zu wecken, hier und da Genaueres wissen zu wollen, hat er sein Ziel erreicht. *>> Stefan Taube*

Wiebke Salzmann

DER URKNALL UND ANDERE KATASTROPHEN

Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2007,
301 Seiten, gebunden,
ISBN 978-3-527-31870-4,
24,90 €

DEM MAITRE IN DIE TÖPFE GESCHAUT

Wie macht man ein Universum wie unseres? In 22 kurzweiligen und unterhaltsamen Geschichten werden die physikalischen Grundlagen dafür auf unorthodoxe Art verständlich gemacht. Die Handlungen spielen in Gottes Forschungslabor. Mit seinen himmlischen Assistentinnen, Gabriela und Michaela, sowie deren höllischer Kollegin Luzie, die sich gegenseitig immer wieder auf die Nerven gehen, arbeitet er daran, Nashörner und Bakterien entstehen zu lassen. Trotz der gegensätzlichen Ansichten und Interessen seines Personals gelingt es Gott immer wieder, dem Ziel näherzukommen, auch wenn er dafür mal kurz die Naturgesetze außer Kraft setzen muss.

Auf originelle Weise erzählt Wiebke Salzmann, wie die Physik funktioniert. Allerdings sollten zum besseren Verständnis Vorkenntnisse aus dem Oberstufenunterricht mitgebracht werden. Infoblöcke liefern kurz und knapp, aber dennoch verständlich, Hintergrundinformationen, in denen beispielsweise die merkwürdigen Effekte der Quantenmechanik erläutert werden. Die sorgen unter anderem dafür, dass der Gehilfe Laplacie, die Verkörperung des Laplace'schen Dämons, einen Nervenzusammenbruch erleidet, weil er die zukünftige Entwicklung im Universum nicht mehr exakt berechnen kann. Doch als die elektromagnetischen Gesetze eingeführt werden, ist er wieder in seinem Element und erfindet mit dem Chef mal eben den Elektromotor.

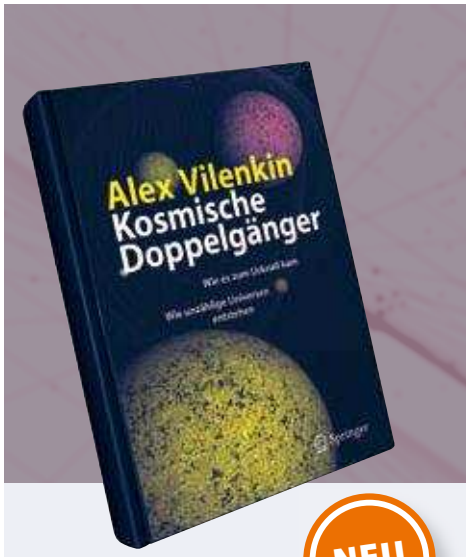
So werden nach und nach die wichtigsten Phänomene eingeführt, die für die Entwicklung des Universums vom Urknall bis in die Gegenwart von Bedeutung sind. Nebenbei erfährt der Leser, warum es auf der Erde so schwierig ist, einen Fusionsreaktor zum Laufen zu bringen, und warum bis heute keine magnetischen Monopole gefunden wurden. Zuletzt hilft die Quantenmechanik dem Weihnachtsmann, sein Zeitproblem bei der Auslieferung der abermillionen Geschenke zu lösen, auch wenn er danach erst einmal eine Therapie braucht.

Das Buch ist ein gelungenes Beispiel dafür, dass Physik nicht immer trocken und langweilig sein muss. Mit einem Augenzwinkern gelingt es der Autorin, uns die Naturgesetze unserer Welt nahezubringen. Durch welche Panne im Labor die Saurier im wahrsten Sinne des Wortes ausradiert wurden, erfahren wir auf S. 5.

>> Hans Zekl

Alle rezensierten Bücher, CD-ROMs und DVDs können Sie
in unserem Science-Shop bestellen:
Internet: science-shop.de / per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841 / per Fax: 06221 9126-869

Springer



NEU

Kosmische Doppelgänger

Wie es zum Urknall kam und wie unzählige Universen entstehen

A. Vilenkin

Alex Vilenkin, einer der kreativsten Kosmologen unserer Zeit, zeichnet leicht verständlich das faszinierende Weltbild der modernen Kosmologie. Er schildert die Urknall-Theorie und ihre Erweiterung durch das Szenario der Kosmischen Inflation. Und warum ständig neue Universen entstehen. Eine der erstaunlichsten Aussagen: Dass es Regionen im Kosmos geben muss, unendlich viele sogar, die mit unserer identisch sind. Es gibt Welten mit exakten Doppelgängern von uns! Die Folge: Der Abschied von unserer Einzigartigkeit!
Dieses reich illustrierte Buch gibt viele verblüffende Antworten.

2008. 278 S. 50 Abb. Geb.
ISBN 978-3-540-73917-3
► **€ (D) 19,95 | € (A) 20,50 | *sFr 32,50**

springer.de

Bei Fragen oder Bestellung wenden Sie sich bitte an
► Springer Distribution Center GmbH, Haberstr. 7, 69126 Heidelberg ► **Telefon:** +49 (0) 6221-345-4301 ► **Fax:** +49 (0) 6221-345-4229 ► **Email:** SDC-bookorder@springer.com ► € (D) sind gebundene Ladenpreise in Deutschland und enthalten 7% MwSt; € (A) sind gebundene Ladenpreise in Österreich und enthalten 10% MwSt. Die mit * gekennzeichneten Preise für Bücher sind unverbindliche Preisempfehlungen und enthalten die landesübliche MwSt. ► Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten. ► Springer-Verlag GmbH, Handelsregistersitz: Berlin Charlottenburg, HR B 91022. Geschäftsführer: Haank, Mos, Hendriks

013315x

FOTO: CHRISTINA HOF

Sternkarten en masse: die Modelle von Pößneck, Oculum und Kosmos und Polaris (von links nach rechts), hinten die Sirius

DER HIMMEL – scheibenweise

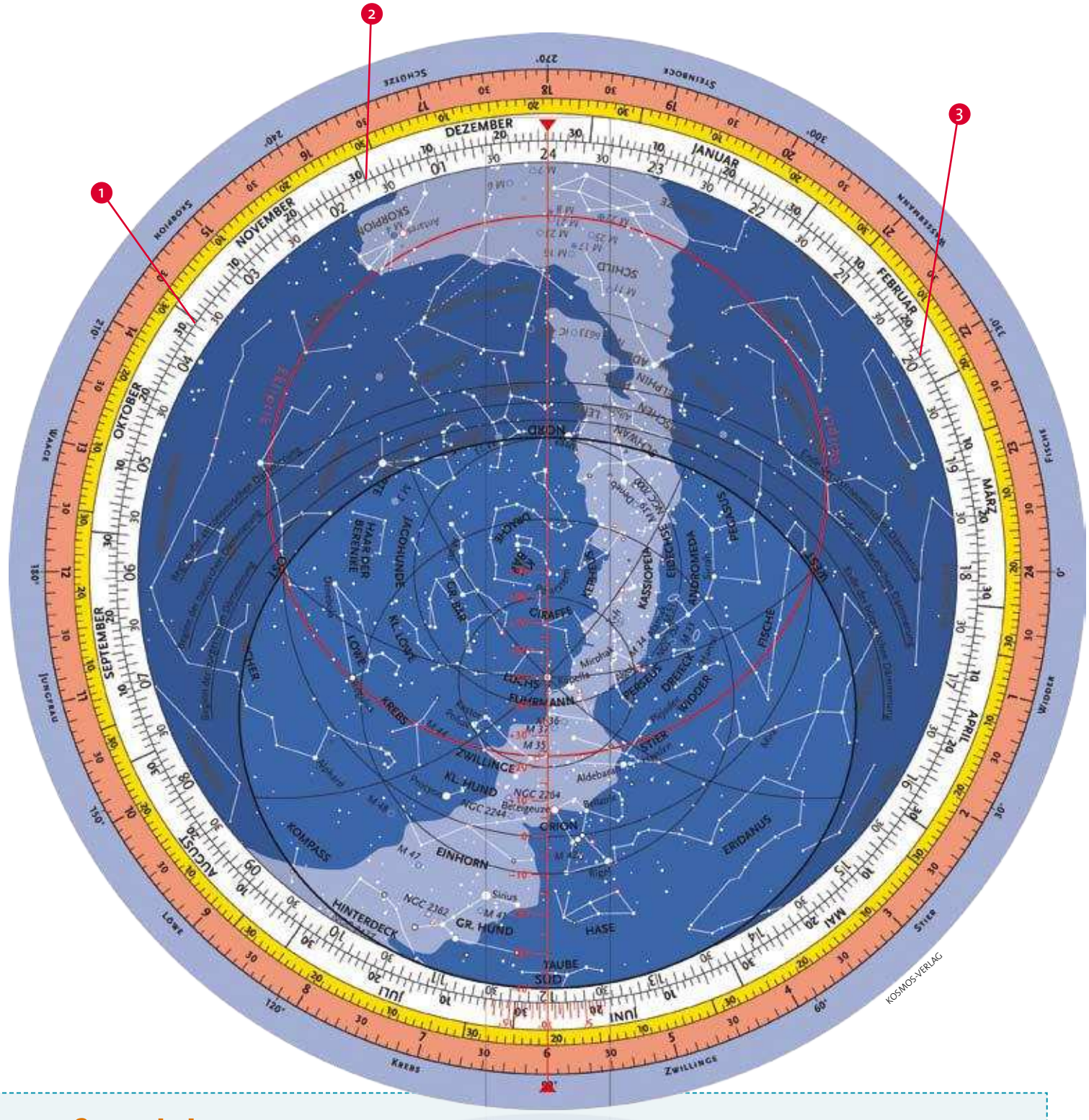
Sie brauchen keinen Computer, um sich am Himmel zurechtzufinden – das beste Hilfsmittel dafür gibt es bereits seit Jahrzehnten. Aber welche drehbare Sternkarte ist die richtige für Sie?

VON ALEXANDER KERSTE

Eine drehbare Sternkarte ist immer noch das beste Werkzeug, um den Nachthimmel kennen zu lernen. Mein persönliches Exemplar ist mittlerweile seit fünfzehn Jahren regelmäßig im Einsatz – auch im Computerzeitalter ist es das Hilfsmittel, um am schnellsten herauszufinden, wie der Himmel zu einem beliebigen Zeitpunkt aussieht. Lediglich die Wandelsterne des Sonnensystems fehlen darauf, da Sonne, Mond und Planeten im Gegensatz zu den Fixsternen ja über das Firmament wandern. Damit der gesamte sichtbare Himmel auf eine Scheibe passt, sind die Sternbilder über dem Südhorizont zwar zunehmend verzerrt dargestellt, das stört in der Praxis jedoch nicht.

Im Prinzip ist eine drehbare Sternkarte ein astronomischer Rechenschieber, der für einen speziellen Breitengrad gilt. Das Grundblatt enthält alle Sterne, die von einem bestimmten Ort – zum Beispiel

Diese Sternkarten sind schneller zu bedienen als jedes Planetariumsprogramm



So geht's

Sie benötigen eigentlich nur zwei Skalen, um eine Sternkarte einzustellen: die Uhrzeit auf dem Deckblatt und die Datumsskala auf dem Grundblatt. Um zu sehen, welche Sterne gerade sichtbar sind, drehen Sie das Deckblatt einfach so, dass die aktuelle Uhrzeit mit dem Datum übereinstimmt. Bei Sommerzeit müssen Sie noch eine Stunde abziehen. Die Abbildung zeigt die Einstellung unter anderem für den 1. November um 3.40 Uhr ❶, den 1. Dezember um 1.40 Uhr ❷ oder den 25. Februar um 20 Uhr ❸. Im transparenten Teil der Karte sehen Sie jetzt den aktuellen Himmel. Ost und West erscheinen dabei vertauscht – wenn Sie die Karte über Ihren Kopf halten, passt der Anblick jedoch wieder. Halten Sie sie daher einfach so, dass Sie die Himmelsrichtung lesen können, in die Sie gerade schauen. Beim Blick nach Norden steht die Karte also »auf dem Kopf«. Alle anderen Skalen können Sie getrost ignorieren.

fünfzig Grad nördlicher Breite – aus sichtbar sind, dazu noch Skalen für das Datum und die Rektaszension (den Längengrad des himmlischen Koordinatensystems) der Gestirne. Nur der Polarstern fehlt in der Regel: An seiner Stelle befindet sich die Niete, um die sich das halb transparente Deckblatt dreht. Dessen grauer Bereich verbirgt alle Sterne, die gerade unter dem Horizont stehen und damit unsichtbar sind.

Damit Sie jeden beliebigen Zeitpunkt am Himmel simulieren können, gibt es auf drehbaren Sternkarten auch eine Skala für die Uhrzeit. Als drittes Bauteil existiert manchmal noch ein Planetenzeiger mit einer Deklinationsskala (der Breitengrad des himmlischen Koordinatensystems). Mit ihm können Sie die Koordinaten eines Objekts ablesen oder umgekehrt die Position eines Planeten finden, wenn Sie seine Koordinaten kennen. Außerdem lassen sich so die Auf- und Untergangszeiten von Sonne und Sternen bestimmen. Da die Sonne nicht immer um 12 Uhr exakt im Süden steht, gibt es häufig entweder noch eine zweite Skala am Rand der Grundscheibe oder ein Analemma (siehe »Von Eudoxus bis Ayiomamitis«, AH Mai 2004, S. 56) – das ist eine achtförmige Hilfslinie auf dem Planetenzeiger. So können Sie die wahre Position der Sonne bestimmen.

Heute gibt es eine Vielzahl von drehbaren Sternkarten: angefangen bei einfachen Modellen aus Karton zum Selbstbasteln bis hin zu Edelversionen aus Aluminium oder großen Exemplaren, die mit Sternatlanten konkurrieren.

Der Platzhirsch

Wohl am bekanntesten sind die Karten aus dem Stuttgarter Kosmos-Verlag, die seit 1927 auf dem Markt sind. Die neueste Ausgabe besteht wie gewohnt aus robustem Kunststoff und enthält alle Sterne bis zur 4,5ten Größe. Veränderliche, Doppelsterne und eine Auswahl hellerer Deep-Sky-Objekte für das Fernglas sind ebenso eingezeichnet wie die Farben hellerer Sterne. Die Kosmos-Karte nutzt die Möglichkeiten als astronomischer Rechenschieber voll aus: Der Planetenzeiger besitzt nun auch ein Analemma, damit Sie Dämmerungszeiten und Sonnenuntergang exakt bestimmen können, sowie Längengradangaben, sodass Sie auch an Ihrem Standort genaue Zeiten erhalten. Ohne diese Korrektur gelten die Werte nur exakt für einen Standpunkt in der Nähe von Würzburg bei 50 Grad nördlicher Breite und 10 Grad östlicher Länge. Als Überbleibsel älterer Auflagen enthält das Grundblatt auch noch eine gelbe Datumsskala, an der Sie ebenfalls den wahren Standort der Sonne ablesen können.

Der Herausforderer

Neu auf dem Markt ist die nicht ganz so farbenfrohe Sternkarte des Oculum-Verlags aus Erlangen, die etwas größer als die Konkurrenz aus Stuttgart ist und deutlich mehr Deep-Sky-Objekte enthält. Während die Kosmos-Sternkarte sich an Beobachter wendet, die allenfalls ein Fernglas dabeihaben, finden Sie bei diesem Modell alle Objekte, die auch im Deep-Sky-Reiseführer desselben Verlags erwähnt sind. Für die schnelle Orientierung am Himmel sind das fast schon zu viele Informationen, allerdings können Sie mit dieser Karte leicht eine Beobachtungsnacht vorbereiten. Gerade der Bereich des Virgo-Haufens quillt jedoch vor lauter Galaxien über.

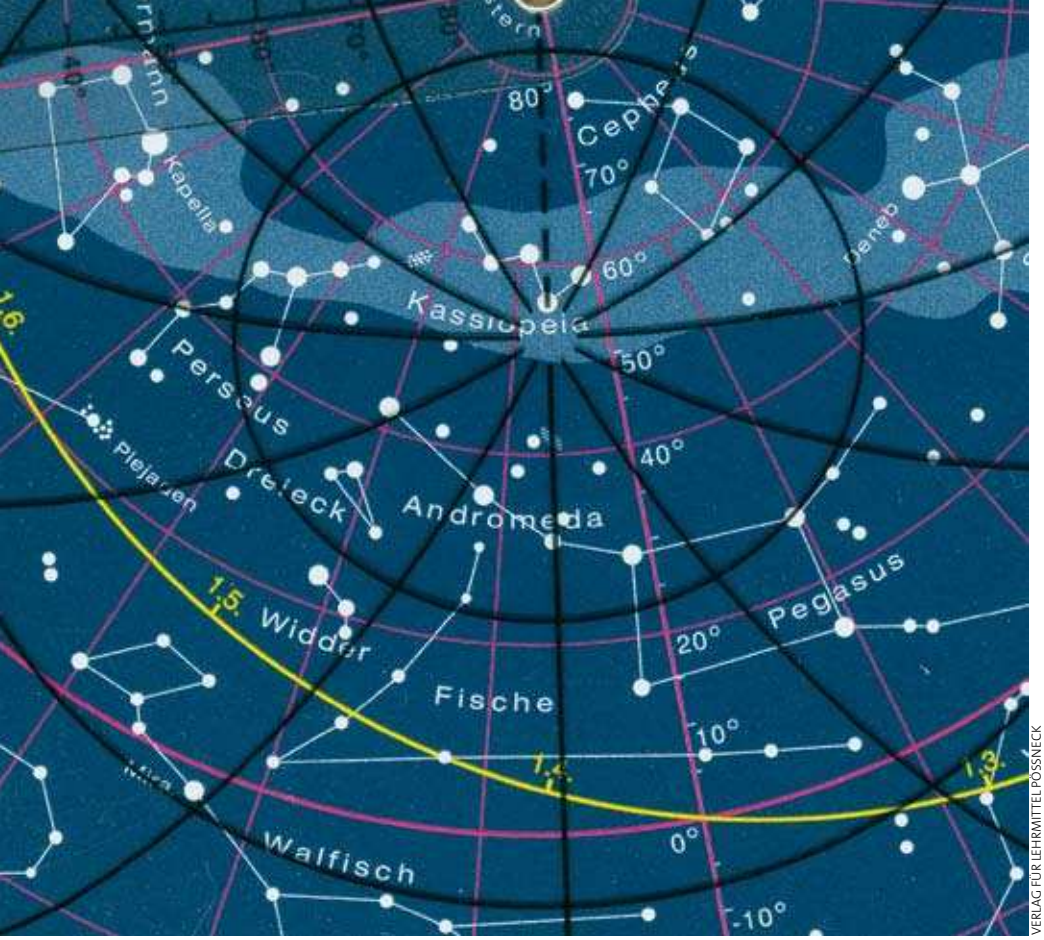
Die Oculum-Karte verzeichnet als einzige auf dem Markt auch die großen Sternmuster wie Wintersechseck und Sommerdreieck, dafür fehlt ein Planetenzeiger. Dämmerungs- und Untergangszeiten können daher nicht so komfortabel bestimmt werden wie mit der Kosmos-Karte. Sehr angenehm sind dafür die zweite Zeitskala, welche die Sommerzeit berücksichtigt, und das kleine Kärtchen des deutschsprachigen Raums. Letzteres gibt an, um wie viele Minuten Sie die Zeiten korrigieren müssen, wenn Sie sich nicht in der Nähe von Würzburg befinden. Die bereits ausverkaufte erste Auflage der Karte wirkte mit einem Grundblatt aus wetterfestem, lackiertem Karton leider nicht besonders solide.

Pünktlich zum Redaktionsschluss dieser Ausgabe erschien nun die zweite, deutlich verbesserte Auflage, die einen wesentlich hochwertigeren Eindruck macht. Das Grundblatt besteht jetzt aus robustem Kunststoff, die Niete ist kleiner und der Kontrast des Deckblatts viel besser. Außerdem lässt sich zusätzlich direkt auf der Ekliptik die aktuelle Position der Sonne erkennen. Auch unter Rotlicht können Sie die Karte gut ablesen, da keine roten Beschriftungen vorhanden sind.

OCULUM-VERLAG

Einen richtigen kleinen Atlas hat der Oculum-Verlag auf seiner Sternkarte abgedruckt. Die Vielzahl der Deep-Sky-Objekte hilft auch beim Beobachten mit einem kleinen Teleskop.

Alle hier vorgestellten Sternkarten sind über den Fach- und Buchhandel erhältlich



VERLAG FÜR LEHRMITTEL PÖSSNECK

Pößneck bietet eine robuste und übersichtliche Karte in zwei verschiedenen Größen an. Als Bonusinformation ist die Position der Sonne dargestellt, die auf der gelben Ekliptik für jeden Monat markiert ist.

Die dritte im Bunde

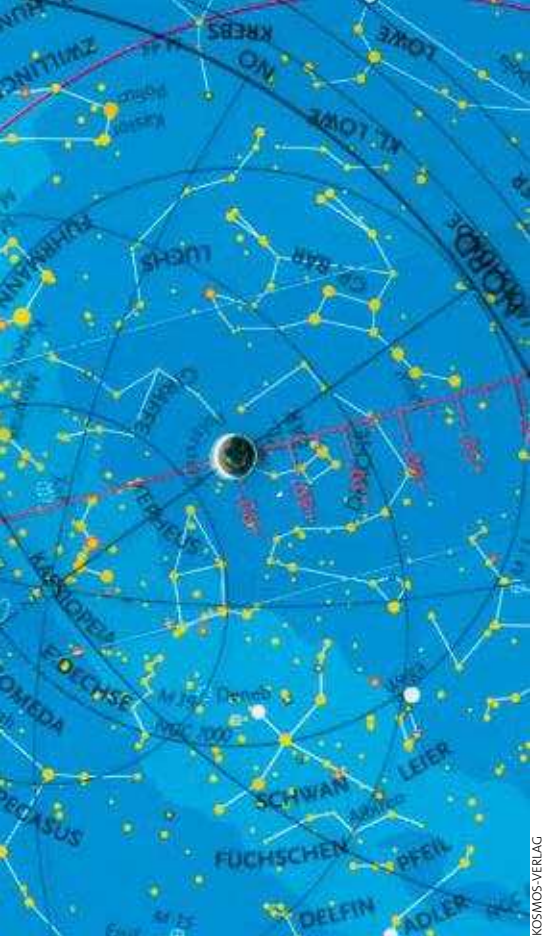
Eine weitere Sternkarte für den Alltagsgebrauch kommt aus dem Osten der Republik: vom Verlag für Lehrmittel Pößneck in Thüringen. Sie ist als einzige nicht für 50 Grad Nord ausgelegt, sondern für 52,5 Grad – den Breitengrad von Berlin. Die kleinste der drei Sternkarten wird seit 1963 hergestellt und besteht vollständig aus Kunststoff. Sie ist in zwei Größen (21,8 und 26 Zentimeter Durchmesser) sowie wahlweise mit oder ohne Planetenzeiger erhältlich. Da sie keinerlei Deep-Sky-Objekte verzeichnet, besitzt sie das übersichtlichste Kartenblatt, allerdings stört das recht dicke Gradnetz auf dem Deckblatt etwas. Dafür ist das Problem der Sonnenposition elegant gelöst: Statt einer Skala am Kartenrand oder einem Analemma ist auf der Ekliptik einfach die Position am Monatsanfang markiert.

Falls Ihnen auch die kleine Version der Pößneck-Karte noch zu sperrig ist, könnte die Mini-Sternkarte aus dem Kosmos-Verlag genau das Richtige für Sie sein. Mit gut 13 Zentimeter Durchmesser passt sie gut in eine Tasche oder ins Handschuhfach. Sie enthält zwar weniger Deep-Sky-Objekte, steht ihren großen Brüdern ansonsten aber in nichts nach und ist eine handliche Alternative, wenn Sie unterwegs nur mal schnell wissen wollen, welche Sternbilder gerade am Himmel stehen.

Die Oberklasse

Falls Sie mehr von einer drehbaren Sternkarte erwarten und die Karte eher am Schreibtisch als unter den Sternen verwenden, könnten die Oberklasse-Modelle für Sie reizvoll sein: die Polaris von Kosmos und die Sirius-Sternkarte des Schweizer Freemedia-Verlags (ehemals Hallwag). Erstere enthält alle Sterne bis zur 5,5ten Größe in den jeweiligen Spektralfarben sowie ihre Bezeichnung mit griechischen Buchstaben. Dazu kommen wie bei einem vollständigen Himmelsatlas noch eine ganze Reihe von Deep-Sky-Objekten sowie die Sternbildgrenzen. Auf der Rückseite finden Sie sogar einen Atlas in Schwarz-Weiß-Druck, der bis zur 6. Größe reicht. Er deckt alle für das bloße Auge sichtbaren Sterne ab. Eine zweite Zeitskala auf dem Deckblatt übernimmt die Umrechnung auf Sommerzeit, ein Analemma auf dem Planetenzeiger liefert exakte Auf- und Untergangszeiten für

Ob für das Handschuhfach oder den Schreibtisch – arbeiten können Sie mit jeder Karte



KOSMOS-VERLAG

Zu den Neuerungen der Sternkarte von Kosmos gehört unter anderem das Analemma. Diese rote, liegende Acht ermöglicht es, Auf- und Untergangszeiten sowie die Dämmerungszeiten genauer zu bestimmen.

die Sonne. Als Besonderheit liefert die Karte den Himmelsanblick für vierzig, fünfzig und sechzig Grad nördlicher Breite. Obwohl sie aus Kunststoff besteht, ist die Polaris-Karte für den nächtlichen Feldeinsatz aber nicht so gut geeignet, da die Beschriftung auf Grund der vielen Informationen sehr klein ist. Mit einem Durchmesser von fast vierzig Zentimetern ist sie auch vergleichsweise unhandlich und eher ein Werkzeug für daheim.

Sirius ist der hellste Stern am Nachthimmel, dazu passend ist die große Sirius-Sternkarte auch die größte am Markt. Statt einer runden Scheibe ähnelt sie mehr einem Buch: Zwei 43 × 43 Zentimeter große, massive Kartons sind am Rand verbunden. Wenn Sie sie aufschlagen, finden Sie gleich zwei Sternkarten – eine für die Nord- und eine für die Südhalbkugel. Die Karten enthalten Sterne bis zur 6. Größe sowie vierhundert Deep-Sky-Objekte und sind vollständig lateinisch beschriftet – was bei den Sternbildern nichts Ungewöhnliches ist, bei den Monatsnamen allerdings deutlich auffällt. Für den Einsatz im Freien ist dieser drehbare Sternatlas eigentlich zu schade, dem Schreibtischastronomen bietet er dafür alles Nötige. Neben einer sehr ausführlichen Anleitung und anderem Zubehör wie den Koordinaten der Planeten enthält er auch noch eine Karte der Vorder- und Rückseite unseres Monds. Außerdem sind Zusatzhorizonte erhältlich für die Breitengrade zwischen 2 und 90 Grad nördlicher sowie 2 bis 48 Grad südlicher Breite.

Wenn Sie nur wissen wollen, welche Sterne gerade am Himmel stehen, sind Sirius und Polaris zu viel des Guten. Sie sollten dann lieber zu den handlicheren Exemplaren von Kosmos, Oculum oder Pößneck greifen. Die beiden großen Karten gehören zur Oberklasse und sind vor allem dann interessant, wenn Sie täglich mit Astronomie zu tun haben und eher einen Atlas mit Zusatzfunktionen als einen schnellen Himmelsüberblick brauchen.

Neben diesen Modellen gibt noch eine ganze Reihe weiterer Alternativen – nachtleuchtende Karten oder solche für mehrere Breitengrade. Falls Ihnen Karton lieber ist als Kunststoff, gibt es zum Beispiel bei Astromedia eine »Pracht-Sternkarte«. Die Vorlage für diesen Bausatz entstand 1899 in Frankfurt. Die Volkssternwarte Bielefeld-Ubbedissen bringt als »Bielefelder Nachthimmel« ebenfalls eine Bastelsternkarte heraus, und im Internet finden sich einige Exemplare zum Herunterladen.

Sogar Computerfreaks werden fündig: Das Programm Planisphere (siehe »Himmelsscheibe Marke Eigenbau«, AH Juli/August 2006, S. 80) bringt eine drehbare Sternkarte auf den Computermonitor. Zum Glück können Sie die Karte auch ausdrucken.

Egal, welche Version Ihnen am besten gefällt: Eine Sternkarte sollte bei keiner Beobachtungsnacht fehlen und kann Sie ein ganzes Leben lang begleiten. <<

ALEXANDER KERSTE *ist Autor des* ***astronomie heute****-Jahrbuchs »Der Himmel« 2008.*

Sternkarten im Vergleich

Modell / Autor	Durchmesser	Grenzgröße	berechnet für	Was uns gefiel	Was uns nicht gefiel
Kosmos / H.-M. Hahn, G. Weiland	27,4 cm	4,5	50 ° N	> robust verarbeitet > übersichtlich	> rote Beschriftung bei Dunkelheit schlecht lesbar
Oculum / M. Feiler, S. Schurig	29,1 cm	4,5	50 ° N	> Deutschlandkarte für Ortszeitkorrektur > ideal zur Beobachtungsplanung > 2. Zeitskala für MESZ	> kontrastarm > teils unübersichtlich > Handbuch nur im Internet
Pößneck / A. Zenkert	26 oder 21,8 cm	4	52,5 ° N	> Sonnenposition auf Ekliptik > Beschränkung auf das Wesentliche	> zu fette Hilfslinien > kein Handbuch
Polaris / S. Dunlop, W. Tirion	33 cm	5,5	40, 50 und 60 ° N	> solides Grundblatt > ausführliches Kartenblatt mit Sternbezeichnungen	> sehr kleine, feine Beschriftung
Sirius / H. Suter-Haug	43 cm	6	verschiedene Horizonte	> für Nord- und Südhalbkugel > umfangreiches Zusatzmaterial	> Grundblatt aus Karton

ALLE ABBILDUNGEN: HERSTELLERFOTOS

FÜR JEDEN ETWAS

Zum Jahresende gibt es etliche interessante Neuheiten für jeden Geldbeutel.

BESONDERS FARBREIN ist die neue Serie der Ultravid-HD-Ferngläser von Leica a, bei der in einigen Linsenelementen fluorithaltige Gläser verwendet werden. Die AquaDura™-Vergütung der äußeren Glasflächen lässt Wassertropfen schneller abperlen und ermöglicht zudem eine leichtere Reinigung der Optik. Neben einem verbesserten Streulichtschutz bieten die stickstoffgefüllten Feldstecher auch eine optimierte Mechanik, die fast ohne Schmiermittel auskommt. Dadurch wird die Fokussierung selbst bei niedrigen Temperaturen nicht schwergängiger. Insgesamt gibt es acht Modelle mit 32, 42 und 50 Millimeter Öffnung und verschiedenen Vergrößerungen. Für das Einstiegsmodell HD 8 × 32 gilt die unverbindliche Preisempfehlung von 1695,– Euro.
leica-camera.com

HILFE BEIM EINNORDEN bietet die Astromatte von Sabine Crelier. Sie wird mit Hilfe des beiliegenden Kompasses nach Norden ausgerichtet, so können Sie Ihr Teleskop bereits in der Dämmerung aufbauen. Für die endgültige Feineinstellung benötigen Sie allerdings weiterhin den Polarstern. Auf der gelben Plane finden Sie außerdem heruntergefallene Zubehörteile wie kleine Schrauben leicht wieder. Der Verkaufspreis liegt etwa bei 49,– Euro. Die Matte ist entweder direkt über die Herstellerin sabine.crelier@web.de erhältlich oder über teleskop-service.de.

SELBST SCHWERE LASTEN trägt die AzMaxLoad-Montierung von APM-Telescopes b. Die acht Kilogramm schwere azimutale Montierung besitzt teleskopseitig eine sechzig Millimeter dicke Achse und trägt in Verbindung mit einem sehr stabilen Stativ etwa fünfzig Kilogramm – das genügt zum Beispiel für ein C14, einen 12- bis 14-Zoll-Newton oder einen Sieben-Zoll-Apochromaten. Der Preis liegt bei 995,– Euro. Falls es auch eine Nummer kleiner sein darf: Die GR-2 mini Sansone von Tele-Optik trägt ohne Gegengewicht Teleskope bis fünf Kilogramm, mit Gegengewicht schultert sie bis zu acht Kilogramm schwere Geräte. Der Preis: 225,– Euro. Beide Montierungen vertreibt apm-telescopes.de.

NEUE GROSSFERNGLÄSER AUS CHINA c importiert Fernrohrland nach längerer Testphase nun unter dem Name Astro/Marine. Alle Modelle sind multivergütet, sehr robust und gummiarmiert. Die Scharfstel-

lung erfolgt an jedem Okular separat. Die Feldstecher liefern eine gute Schärfe nahezu über das gesamte Gesichtsfeld und sind auch für Brillenträger geeignet. Das 7×50er und das 10×50er werden mit einem Köcher geliefert, die größeren Exemplare mit 70, 85 und 110 Millimeter Öffnung mit einem Koffer. Für das kleinste Modell (7×50) sind 275,– Euro fällig, für das größte (28×110) 698,– Euro.
fernrohrland.de

ALS KOMPAKTE REISEMONTIERUNG mit ungewöhnlichem Design ist der AstroTrac d vor allem für Besitzer von kleinen Teleskopen oder Digitalkameras mit Teleobjektiv interessant: Er führt die Tangentialarm-Montierung bis zu zwei Stunden nach. So lange dauert es, bis der Arm der Nachführung am Ende seiner Bahn angekommen ist. Durch diese spezielle Bauweise wird die Genauigkeit eines sechzig Zentimeter großen Schneckenrads erreicht. Mit einem Satz Batterien können Geräte bis maximal zehn Kilogramm etwa fünf Stunden lang nachgeführt werden. Zusammengelegt misst die Montierung nur 45×7,5×4 Zentimeter, das Gewicht liegt bei 1,3 Kilogramm. Zusätzlich benötigen Sie noch einen Kugelkopf, um das Teleskop auf sein Ziel auszurichten, sowie ein Stativ mit Neigekopf. Ohne Polsucher kostet der AstroTrac 625,– Euro.
baader-planetarium.de

BORG-TELESKOPE eignen sich hervorragend für die Astrofotografie, da sie den Chip einer digitalen Spiegelreflexkamera vollständig ausleuchten und die meisten Okularauszüge Millimeterskalen haben, was das Fokussieren erleichtert. Die Geräte sind auf geringes Gewicht und hohe Steifigkeit hin optimiert, zudem lassen sie sich in mehrere Einzelteile zerlegen. Damit passen sie auch ins Reisegepäck. Die japanischen Instrumente sind in Deutschland und Österreich ab sofort nur bei astrolumina erhältlich.
astrolumina.de

SONNENFILTERFASSUNGEN AUS SPANHOLZ bietet Astro Optik Beck an. Instrumente mit Öffnungen zwischen 38 und 320 Millimetern können so ohne großen Bastelaufwand einen leichten und robusten Filter aus Baader-Astro-Solar-Folie erhalten. Die Fassungen mit 160 bis 320 Millimeter Durchmesser gibt es auch ohne Folie, die kleineren Fassungen nur komplett mit Folie. Die Preise liegen je nach Größe zwischen 2,50 und 39,– Euro.
astroshop.at

HERBSTNEBEL

Langsam beginnt die neblige Jahreszeit – nicht nur auf der Erde, sondern auch am Himmel. Viele auf den ersten Blick unscheinbare Objekte verbergen dort oben ihre Geheimnisse. Einige davon haben unsere Leser im Bild festgehalten.

Seifenblase

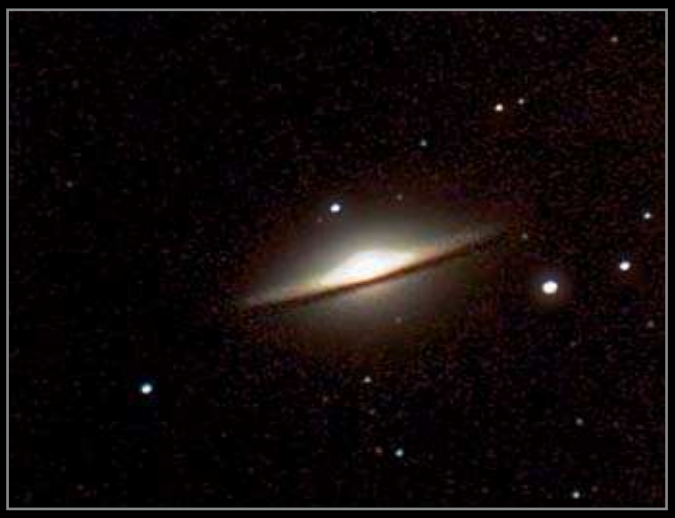
Im Sternbild Kassiopeia umgibt ein über zehn Lichtjahre großer leuchtender Nebel einen massereichen Stern. Die Gasmassen nehmen damit einen doppelt so großen Raum ein wie der Abstand unserer Sonne zu ihrem nächsten Nachbarstern. Neben der Katalogbezeichnung NGC 7635 trägt der innere, blasenförmige Bereich auch die treffende Bezeichnung Bubble-Nebel. Insgesamt 140 Minuten Belichtungszeit stecken in dieser Aufnahme, die in einem Vorort von Berlin entstand.

>> Wolfgang Menze

Doppelhaufen

Schon mit bloßem Auge lassen sich h & Chi Persei unter guten Bedingungen als eng benachbarte Nebelflecken zwischen den Sternbildern Perseus und Kassiopeia erkennen. Sie sind auch unser aktueller Feldstechertipp (S. 93). Chi ist der lockere Haufen in der unteren Bildhälfte, h darüber ist etwas kompakter. Dieses 15 Minuten lang belichtete Bild entstand durch einen Zwanzig-Zentimer-Newton mit 1000 Millimeter Brennweite.

>> Christoph Rollwagen



Völlig verschieden …

… sind diese beiden Objekte: Der Sichelnebel NGC 6888 (links) ist eine ausgedehnte Wolke in unserer Milchstraße. Sie entstand aus der Kollision der Hüllen zweier sterbender Sterne, während die Sombrero-Galaxie M 104 (rechts) viele Milliarden Sterne und enorme Staubmassen enthält. Im Teleskop erscheinen beide als zarte Nebelflecken – erst die Kamera entschleiert ihre wahre Natur.

>> Anthony Ayiomamitis, Thomas Steiger

Sternstrudel

Goldgelb schimmert das Licht unzähliger älterer Sonnen im Zentrum der Galaxie M 106, während in den äußeren Spiralarmen junge, heiße Sterne bläulich leuchten.

>> Dietmar Hager

Der Namenreiche

Omega-, Schwanen- oder Hufeisennebel – M 17 trägt viele Bezeichnungen. Allerdings sind diese rötlich schimmernden Gasmassen von Deutschland aus kein leichtes Ziel, da sie nie besonders hoch über dem Horizont stehen. Selbst in Österreich klettern sie auf nur rund zwanzig Grad – so wie zu dem Zeitpunkt, als die zehn Aufnahmen entstanden, die später zu diesem Bild zusammengefügt wurden.

>> Mark Achterberg

Lichtspiel

Man nehme eine Sonne, Eiskristalle in den Wolken und ein wenig Luftbewegung – fertig ist die hübsche Nebensonne. Diese hier erstrahlte über Freising am 15. September in allen Regenbogenfarben ein gutes Stück rechts der Sonne.

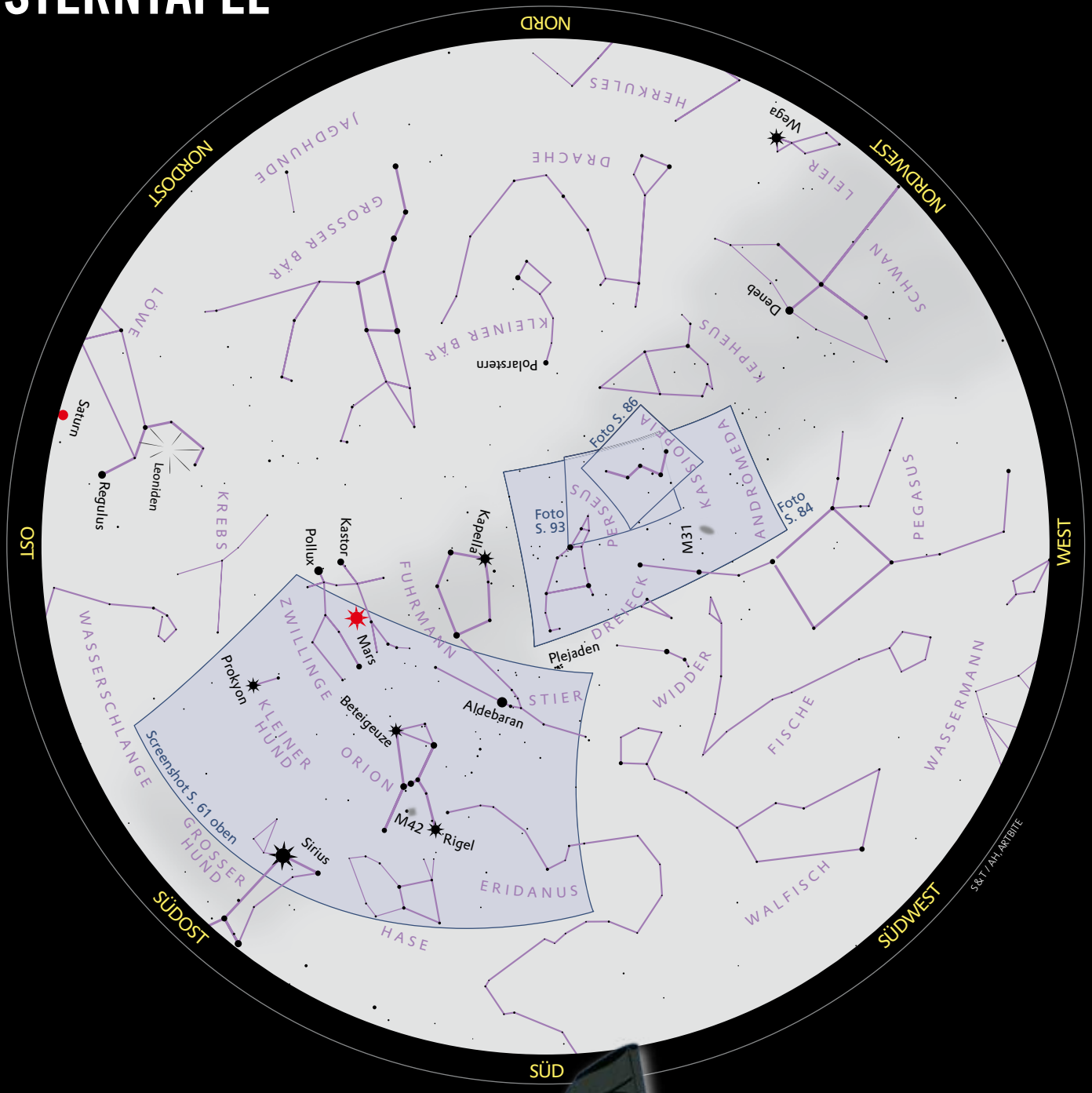
>> Christian Menges

Machen Sie mit:

Schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos für unsere neue Online-Galerie! Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. Leider können wir nicht alle Bilder abdrucken. Besonders gute Chancen haben daher Aufnahmen von weniger bekannten Objekten, von reizvollen Konstellationen oder solche, zu denen es eine interessante Geschichte gibt.

Legen Sie die Bilder als JPEGs in der höchsten Auflösung mit dem unten angegebenen Formular auf unserem Server ab. Geben Sie dabei die Informationen über Teleskop, Kamera, Bildbearbeitung oder Aufnahmetechnik möglichst vollständig an. Verwenden Sie für Einsendungen bitte nur noch das Formular auf der Internetseite astronomie-heute.de/wunderdesweltalls.

STERNTAFEL



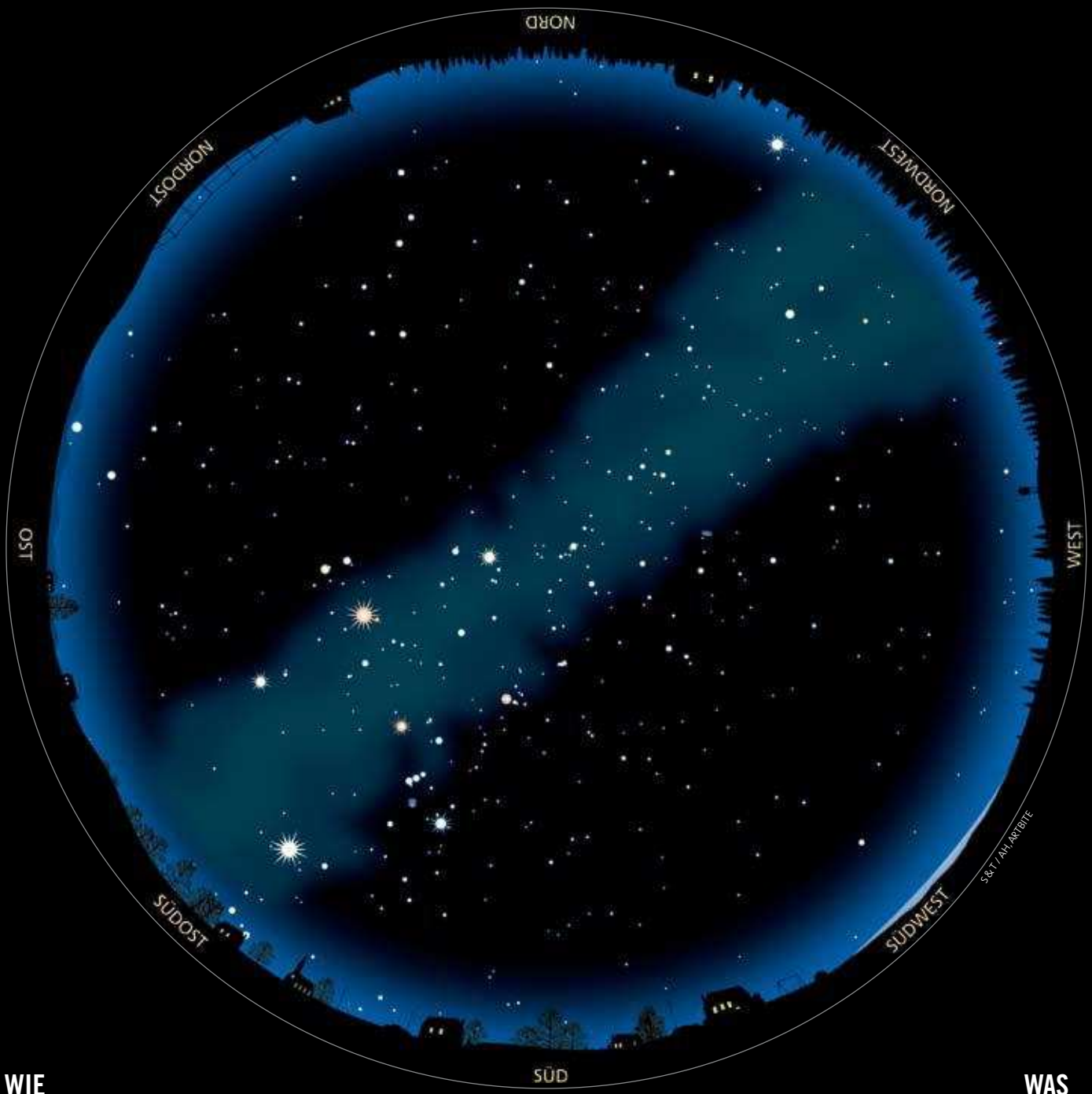
WANN

Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

Ende Oktober:	3 Uhr°
Ende November:	0 Uhr*
Ende Dezember:	22 Uhr*

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

AH, SIGANIM



WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmelsausschnitt, der sich Ihnen zu den in der Leiste (ganz oben) angegebenen Uhrzeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder, die Namen der hellen Sterne und Fotos oder Detailkarten in diesem Heft. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen direkt über dem Horizont. Die im Zentrum dargestellten Sterne befinden sich genau über Ihnen – im Zenit.

WAS

Das »Herbstviereck« des Pegasus steht auf einer seiner Ecken hoch im Westen. Vom gegenüberliegenden Eckpunkt aus streckt sich Andromeda steil nach oben Richtung Zenit – ihrem sagenhaften Retter Perseus entgegen. Von diesem zum Südosthorizont hin verteilen sich die hellen Sonnen der Wintersternbilder, mit Mars in ihrer Mitte. Saturn geht gerade im Löwen auf.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Alpennähe sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.

Kassiopeia ist das ganze Jahr über zu sehen, aber jetzt thront sie hoch über den Herbststernbildern.

FOTO: ECKHARD SLAWIK

IM WESTEN VIEL NEUES

Der König der Planeten übergibt die Repräsentationsaufgaben an seinen roten Kriegsminister.

VON KEN HEWITT-WHITE

An den frühen Novemberabenden sind es – wie schon in den Monaten zuvor – vor allem die unscheinbaren Konstellationen, die den Himmel bevölkern (siehe Übersichtskarten S. 82/83). In einer Höhe von 45 bis 70 Grad entdecken Sie das Herbstviereck, das wir schon letzten Monat kennen gelernt haben. Verlängern Sie dessen linke Kante nach oben, landen Sie bei der Königin des Nordhimmels, Kassiopeia (siehe dazu auch S. 86 und S. 93).

Ihr auffälliges »W« besteht aus Sternen 2. und 3. Größe. Jedes Mal, wenn Sie in dieser Gegend sind, sollten Sie bei Achird vorbeischauen (Eta Cassiopeiae, η Cas) – einem der schönsten Doppelsterne am ganzen Himmel. Er ist nur 19 Lichtjahre von uns entfernt und besteht aus einem sonnenähnlichen Stern 3,5ter Größe und einem Roten Zwerg 7,3ter Größe in 13 Bogensekunden Abstand. Der kleine rote strahlt mit nur rund sechs Prozent der Leuchtkraft unserer Sonne. Wegen des großen Helligkeitsunterschieds der beiden brauchen kleinere Teleskope eine hohe Vergrößerung. Versuchen Sie's!

Planeten im November

Jupiter scheint zu Beginn des Monats als Abendstern –1,9ter Größe bei Dämmerung tief im Südwesten. Ende November dagegen verliert er sich im Restlicht der Sonne, womit für ihn die Saison 2007 endgültig vorbei ist (siehe Grafik rechts oben).

Mars dagegen kann auftrumpfen. Er geht einige Stunden nach Sonnenuntergang in den Zwillingen auf, scheint mit –1. Größe und erreicht lange vor der Morgen-

KALENDER

- **1.11.** Allerheiligen; letztes Mondviertel (22.18 Uhr); Merkur wird prograd
- **5.11.** Merkur morgens bei Spika
- **6.11.** Merkur in Halbphase
- **8.11.** Merkur in größter östlicher Elongation
- **10.11.** Neumond (0.03 Uhr)
- **15.11.** Mars wird retrograd
- **17.11.** erstes Mondviertel (23.32 Uhr)
- **18.11.** Maximum der Leoniden
- **24.11.** Vollmond (15.29 Uhr)

dämmerung den Meridian. Mitte des Monats beginnt er seine retrograde Bewegung, ein sicheres Zeichen dafür, dass seine Opposition bevorsteht. Sein Planetenscheibchen weist 13 Bogensekunden auf, genug für eine Fernrohr-Session.

Saturn glänzt als Himmelsobjekt 0,8ter Größe – Atair vergleichbar – an einem der Fußsterne des Löwen (»Leo«), Rho Leonis (ρ Leo, 3,8te Größe). Mitte November geht er gegen Mitternacht auf und nähert sich bei Tagesanbruch dem Meridian. Obwohl es bis zu seiner Opposition noch Monate dauert, bieten das spektakuläre Ringsystem und sein Gefolge von Trabanten im Teleskop jetzt schon einen beeindruckenden Anblick.

Venus hält sich als Morgenstern –4,3ter Größe in der Jungfrau (»Virgo«) auf. Nach ihrer größten Elongation Ende Oktober sinkt sie letzt langsam der Morgendämmerung entgegen, doch noch immer geht der innerste Planet mehr als dreieinhalb Stunden vor der Sonne auf. Sterngucker mit Teleskop werden bemerken, dass ihr gewölbtes Scheibchen auf 17 Bogensekunden geschrumpft ist. Damit bleibt sie aber immer noch größer als Mars und ist mit dem Riesenplaneten Saturn (ohne Ringe) vergleichbar.

Merkur geht in den ersten Novembertagen fast anderthalb Stunden vor der Sonne mit 0,7ter Größe im Ostsüdosten auf. Fernrohre zeigen ihn als kräftige Sichel von fast neun Bogensekunden, einige Tage später halbmondförmig mit nur noch sieben. Am 8. November erreicht er seine größte westliche Elongation von 19 Grad. Zu dem Zeitpunkt ist er der Sonne noch einige Minuten mehr voraus und hängt bei ihrem Erscheinen auf einer Höhe von fast 17 Grad. Wenige Grad links von Spika (Alpha Virginis, α Vir, 1. Größe) sollte der Planet mit –0,5ter Größe nicht allzu schwer zu finden sein. Nach diesem »Höhepunkt« taucht er langsam wieder ins Sonnenlicht ein.

Der Mond beginnt seine Runde im Krebs und steht am 3. im Löwen. Dort steuert er auf Regulus zu, diese Bedeckung ist allerdings nur in Amerika zu beobachten. Danach läuft die abnehmende Sichel an Saturn, der Venus, Spika und Merkur vorbei.

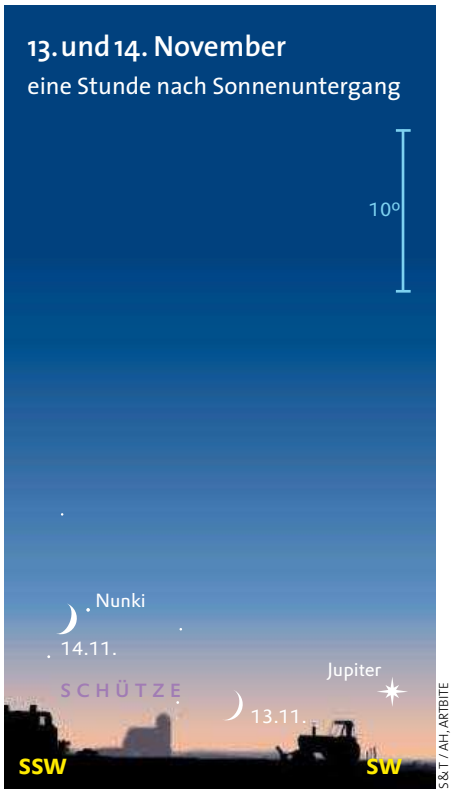
Er feiert sein Come-back im Abendprogramm am 13., knapp elf Grad links von Jupiter und tags darauf gut anderthalb Grad links von Nunki (Sigma Sagitarii, σ Sgr, 2. Größe). Wieder drei Abende später geht der Halbmond um 22 Uhr ein Grad nördlich an Deneb Algedi (Delta Capricorni, δ Cap, 2. Größe) vorbei und kurz danach unter.

Fast voll bedeckt er Epsilon Arietis (ε Ari, 4,6te Größe) am 23. von 17.40 Uhr bis 18.22 Uhr, Elnath (Beta Tauri, β Tau, 1,6te Größe) verfehlt er dagegen zwei Nächte später um ein Grad. Weiter geht's durch die Zwillinge; in einiger Entfernung an Mars und Pollux vorüber. Am Morgen des 28. gegen halb vier schrammt er nur wenige Bogenminuten an Kappa Geminorum (κ Gem, 3,6te Größe) vorbei. Ein Schmankerl zum Monatsausklang: Am 29. um 2 Uhr driftet er durch die nördlichen Ausläufer des berühmten Sternhaufens M 44 im Krebs.

Novembermeteore

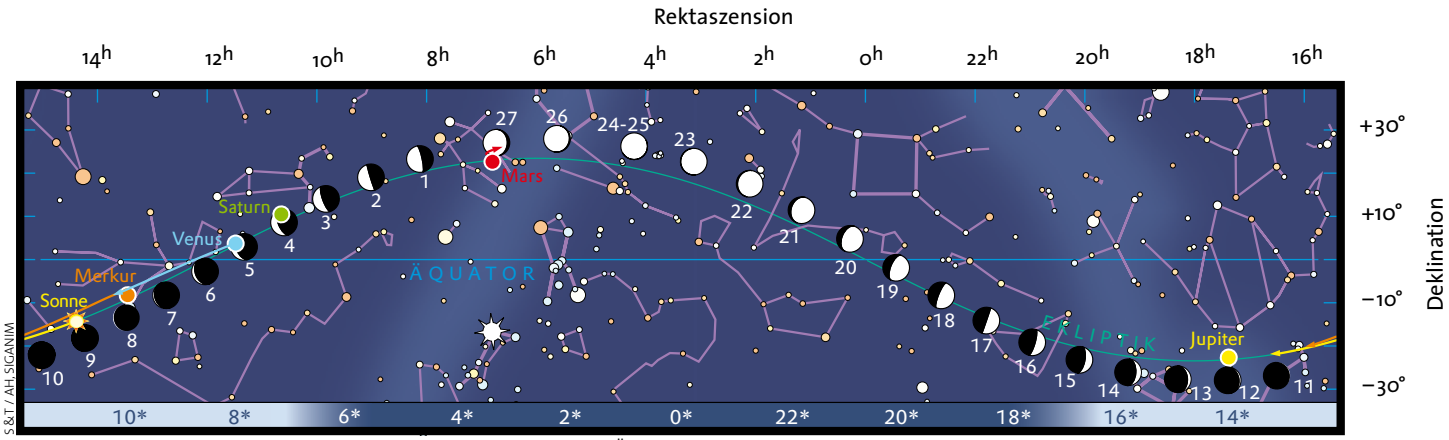
In den Morgenstunden des 18. November erreichen die Leoniden ihr Maximum. Einige Stunden nach Mitternacht dürften Sie an einem dunklen Standort auf dem Land ein gutes Dutzend Sternschnuppen pro Stunde erwischen. <<

KEN HEWITT-WHITE *beobachtet die Leoniden von der kanadischen Wildnis aus.*



Die Tage, an denen der Mond als junge Sichel durch den Schützen läuft, läuten das Ende von Jupiters Präsenz am Abendhimmel ein.

Die Pfeile im Monatspanorama kennzeichnen die Bewegungen von Sonne und Planeten von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die Zeit an, wann der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

KASSIOPEIAS THRON

Die kompakte, auffällige Konstellation ist reich geschmückt mit Sternhaufen für jeden Geschmack.

VON SUE FRENCH

Die fünf hellsten Sterne der Kassiopeia bilden das charakteristische, etwas verzogene »W«.

AKIRA FUJII

Wenn Sie an Juniabenden Richtung Norden schauen, sehen Sie knapp über dem Horizont ein großes »W« aus fünf Sternen (siehe Foto links). Jetzt, ein halbes Jahr später, steht Kassiopeia im Zenit, und an einem dunklen Standort können Sie sehen, dass sich das Sternbild an das dunstige Band der Milchstraße schmiegt.

Die fünf Sterne bilden den Thron, auf dem Kassiopeia sitzt. Die Königin Äthiopiens selbst ist nur schwer neben den Sternen zu erkennen. Einige Beobachter zählen noch Kappa Cassiopeiae (κ Cas, siehe kleine Karte S. 82 oben) zu den fünf dazu, damit der Thron vollständig ist. Kappa ist ein Paradebeispiel für einen Stern, bei dem der erste Eindruck trügt. Denn auch wenn er am Himmel schwächer scheint als seine Nachbarn, ist der extrem heiße, blaue Überriese gewaltige 480 000-mal heller als unsere Sonne. Doch interstellarer Staub und die Tatsache, dass er in einer Entfernung von etwa 4000 Lichtjahren liegt, schwächt die Pracht des Sterns ab. Zusätzlich strahlt er einen Großteil seiner Energie im unsichtbaren Ultraviolett ab.

Im Umkreis von fünf Grad um diesen bemerkenswerten Stern liegen zahlreiche Sternhaufen. Da keiner von ihnen im bekannten Messier-Katalog verzeichnet ist, werden sie selten gewürdigt, obwohl viele von ihnen schon mit kleinen Fernrohren bestaunt werden können. Das Schwierigste dabei ist, die Sternhaufen vom Hintergrund der Milchstraße zu trennen. Dies gilt besonders für unsere ersten drei: Sie befinden sich ein drittel Grad nordnordwestlich von Kappa (Foto a).

King 14 steht Kappa am nächsten und ist der hellste des Trios (siehe Karte nächste Seite). Er hat einen Durchmesser von acht Bogenminuten und enthält zwanzig schwache bis sehr schwache Sterne. NGC 146 befindet sich direkt nordöstlich von King 14 und ist mit etwa 15 Sternen ein wenig kleiner.

Die beiden Sternhaufen wirken zusammen wie zwei schmale Mottenflügel. NGC 133 ist der kleinste der drei und liegt nordnordwestlich von King 14. Er besteht aus fünf Y-förmig angeordneten Sternen 10. und 11. Größe und einigen noch unscheinbareren Sonnen.

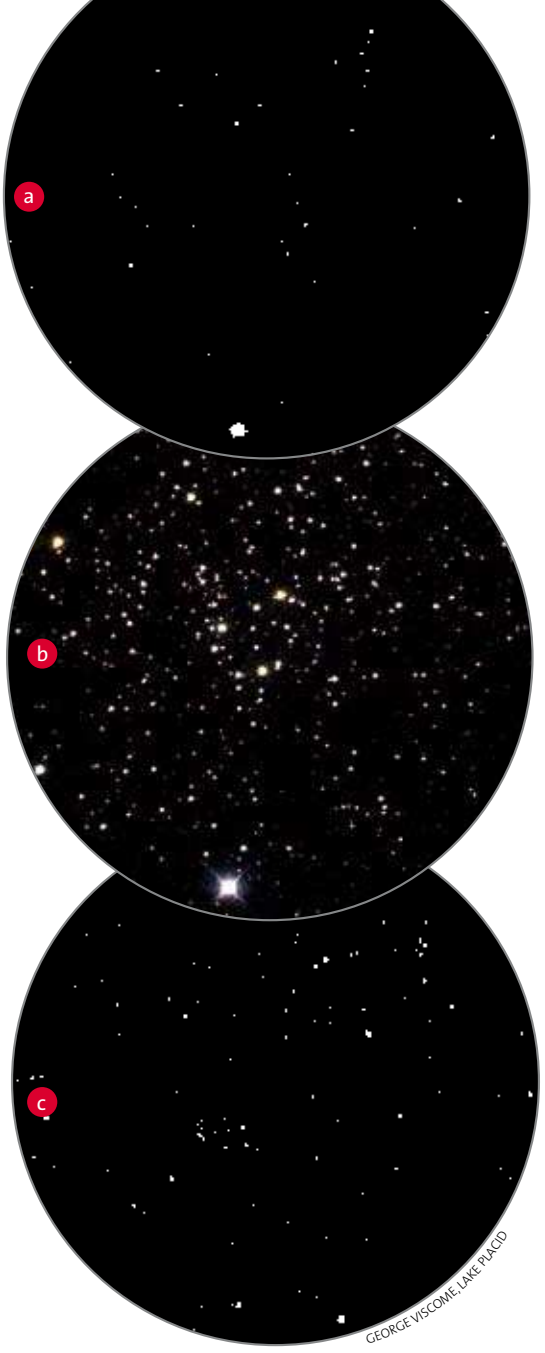
Die drei Haufen sind jeder für sich nicht besonders auffallend, doch zusammen bilden sie eine interessante Anordnung. Wenn King 14 und NGC 146 die ausgebreiteten Flügel sind, ist NGC 133 der Hinterleib.

Nun, da Sie einen Eindruck davon haben, was Sie bei der Jagd nach Sternhaufen in einer bevölkerten Region wie dieser erwartet, lassen Sie uns ein wenig weiter wegwandern. Als Erstes widmen wir uns NGC 225, der knapp auf der Hälfte des Wegs von Kappa zu Gamma Cassiopeiae (γ Cas) liegt. Mit meinem 105-Millimeter-Fernrohr entdecke ich bei 59-facher Vergrößerung zwanzig mäßig helle und schwächere Sterne in einer unregelmäßigen Anordnung mit einem Durchmesser von zwölf Bogenminuten. In diesem recht kargen Gebiet der Milchstraße sind sie Caroline Herschel schon im Jahr 1784 aufgefallen.

Schwenk nach Südwesten

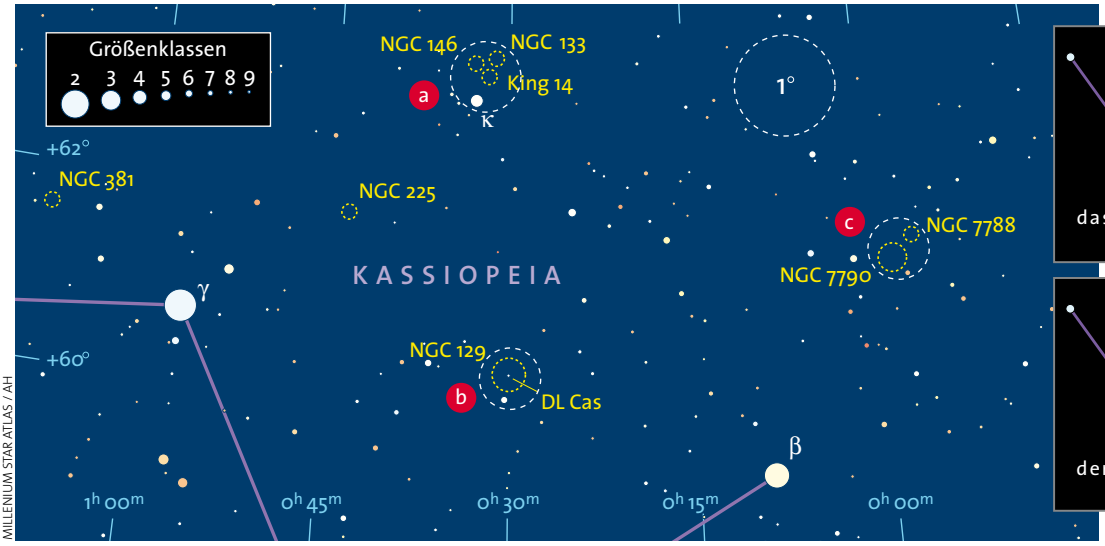
Als Nächstes schwenken wir das Fernrohr zu NGC 129 (Foto b), einem ziemlich großen offenen Haufen 2,7 Grad südlich von Kappa. Sie können ihn schnell finden, da er auf der Verbindungslinie zwischen Gamma und Beta Cassiopeiae (β Cas) liegt. Bei 68-facher Vergrößerung sehe ich drei mäßig helle Sterne in einem rechtwinkligen Dreieck und einen weiteren im Nordnordosten, der mit den dreien eine Raute bildet. Etwa dreißig schwache Sterne schließen sich der Raute in einem lose verstreuten Haufen mit einem Durchmesser von etwa zwanzig Bogenminuten an. Der Stern am Nordwestende des Dreiecks ist der Veränderliche DL Cassiopeiae. Dieser pulsierende Riese verändert seine Helligkeit zwischen 8,6ter und 9,3ter Größe, wobei die Zunahme der Helligkeit wesentlich länger braucht als die Abnahme. Ein kompletter Zyklus dauert acht Tage.

NGC 7790 und NGC 7788 (Foto c) können Sie durch ein kleines Fernrohr als schönen Doppelhaufen sehen. Sie liegen viereinhalb Grad westsüdwestlich von Kappa, unweit von Beta. Richten Sie Ihr Teleskop so aus, dass Beta am südsüdöstlichen Rand Ihres Sucherfensters ist, dann sollte



FÜR VIERZÖLLER

mit guten optischen Eigenschaften sind diese Sternhaufen bei günstigen Sichtbedingungen kein Problem. Die drei Bildausschnitte um Kappa Cassiopeiae (a), NGC 129 (b) und NGC 7790/7788 (c) sind in der Karte auf der folgenden Seite eingezeichnet.



Interessante Beobachtungsziele in der Kassiopeia (Auswahl)

Objekt-name	Typ	Helligk. (Größe)	Ausdehn. (Bogenmin.)	Entf. (Lichtj.)	Rekt. (2000.0)	Dekl.
King 14	offener Sternh.	8,5	7	8500	$0^h 31{,}9^m$	+63° 10’
NGC 146	offener Sternh.	9,1	6	9900	$0^h 33{,}1^m$	+63° 18’
NGC 133	offener Sternh.	9,4	7	2100	$0^h 31{,}3^m$	+63° 21’
NGC 225	offener Sternh.	7,0	12	1700	$0^h 43{,}5^m$	+61° 47’
NGC 129	offener Sternh.	6,5	21	6600	$0^h 30{,}0^m$	+60° 13’
DL Cas	Veränderlicher	8,6–9,3	–	6600	$0^h 30{,}0^m$	+60° 13’
NGC 7790	offener Sternh.	8,5	17	10 800	$23^h 58{,}4^m$	+61° 12’
NGC 7780	offener Sternh.	9,4	9	7700	$23^h 56{,}7^m$	+61° 24’
NGC 381	offener Sternh.	9,3	6	3100	$1^h 08{,}3^m$	+61° 35’

Je nachdem, ob Sie Kappa Cassiopeiae (κ Cas) außer Acht lassen oder miteinbeziehen, wird die Form des Sternbilds zu einem »W« oder dem »Thron« (kleine Karten). In dessen Norden liegen die auf diesen Seiten beschriebenen Beobachtungsziele (große Karte und Tabelle).

der Sternhaufen in einem Okular mit geringer Vergrößerung auftauchen. Wenn Sie einen Reflexsucher benutzen (auch Leuchtpunktsucher genannt), beachten Sie, dass die gedachten Linien von NGC 7790 zu Kappa und Beta einen rechten Winkel bilden.

»V« wie Vendetta

Bei 87-facher Vergrößerung sehe ich NGC 7790 als ungeordnete Gruppe schwacher bis sehr schwacher Sterne. Sein dichterer Kern ist von Osten nach Westen gestreckt. Die drei hellsten Sterne liegen auf einem Bogen entlang der Kante von Norden nach Westen. Ein ausgedehnter, dunstiger Halo mit etwa zehn Bogenminuten Durchmesser verblasst nach außen hin.

NGC 7788 liegt ebenfalls im Sichtfeld: ein heller Stern 9. Größe mit einem Heer aus sehr schwachen Begleitern. Einige Sterne 9. bis 10. Größe ragen aus der Gruppe heraus und bilden ein »V«, das sich nach Südosten öffnet.

Unser letzter Haufen ist NGC 381, den Sie am einfachsten mit einem Okular geringer Vergrößerung von Gamma Cassiopeiae aus erreichen. Wenn Sie Ihr Fernrohr so ausrichten, dass der blauweiße Gamma nahe der südlichen Kante Ihres Gesichtsfelds ist, sollten Sie einen gelben Stern 6,4ter Größe im Norden sehen. Nun platzieren Sie diesen an die westliche Kante des Sichtfelds und halten nach einem gelbweißen Stern 5,8ter Größe im Osten Ausschau. Wenn Sie Ihr Teleskop so weiterschwenken, dass dieser an der westlichen Kante zu liegen kommt, sollten Sie NGC 381 mittig sehen können. Falls Sie einmal die Orientierung im Okular verlieren, finden Sie sie recht schnell wieder: Ohne Nachführung laufen die Sterne langsam von Osten nach Westen.

Durch meinen kleinen Refraktor sehe ich NGC 381 bei 87-facher Vergrößerung als kleinen, dunstigen Haufen, eingebettet in ein Fünfeck aus schwachen Sternen. Einige unscheinbare Lichtpunkte schimmern in dem Nebel und bei 127-facher Vergrößerung kann ich noch einige weitere Sonnen erkennen. Vom Haufen aus zieht sich eine wellige Linie aus Sternen 11. und 12. Größe nach Norden. Das sieht aus wie ein Luftballon an einer Schnur.

Auch wenn mir jetzt der Platz ausgeht, so sicherlich nicht die Beobachtungsziele der Kassiopeia. Insgesamt 39 offene Sternhaufen liegen innerhalb von fünf Grad rund um Kappa, etwa die Hälfte davon ist durch ein kleines Fernrohr sichtbar. Seien Sie nicht überrascht, wenn Sie über ein paar stolpern, während Sie die weniger bekannten Juwelen suchen, die ich Ihnen gerade ans Herz gelegt habe. <<

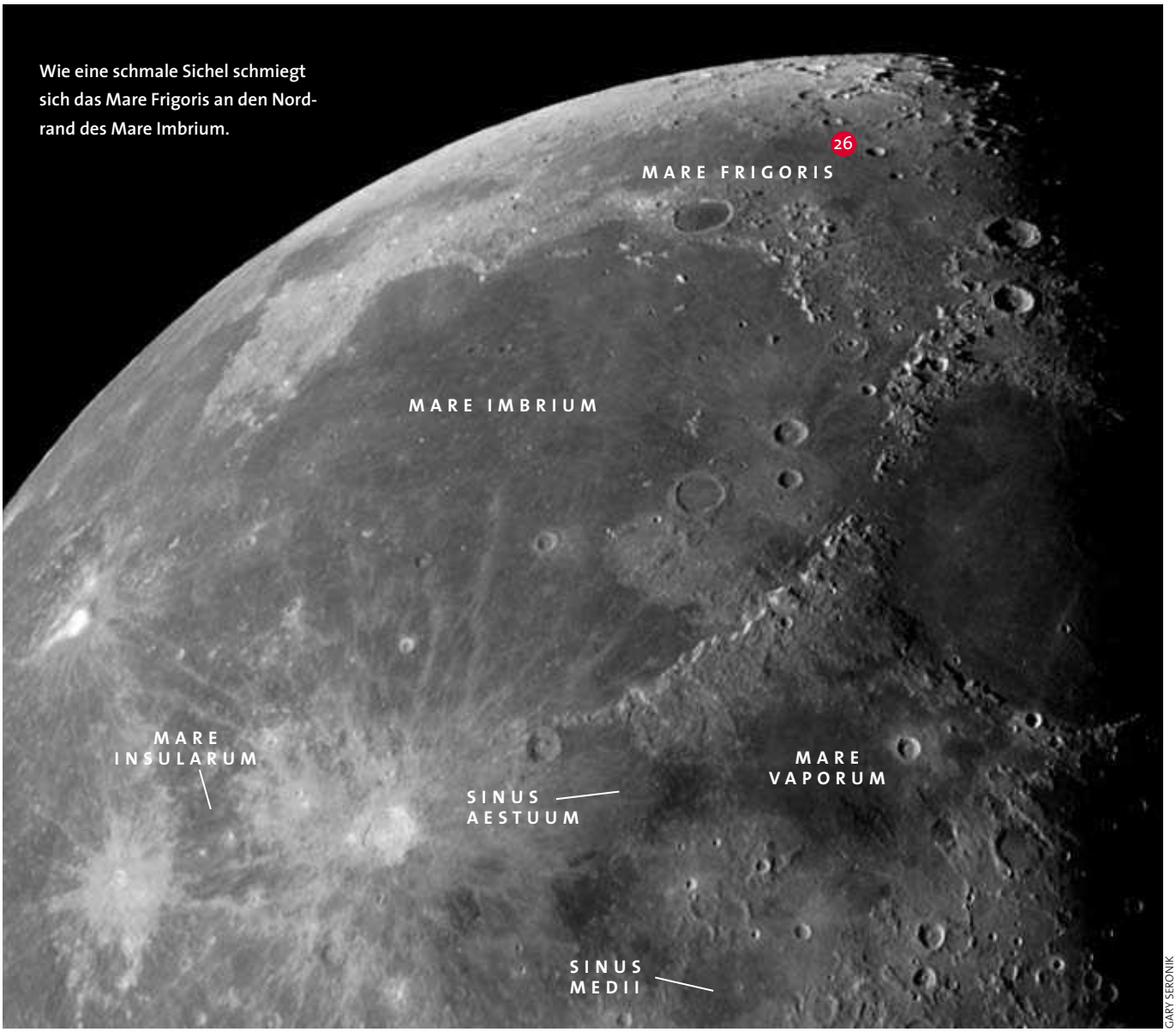
***SUE FRENCH** liebt Deep-Sky-Objekte. Ihre Beobachtungstipps sind mittlerweile in den USA auch als Sky & Telescope-Buch erschienen.*

Mehr Beobachtungstipps und Informationen zum Sternbild Kassiopeia finden Sie unter astronomie-heute.de/artikel/904877.

MYSTERIÖSE MEERE

Welchen Ursprung haben die unregelmäßigen Buchten und Meere unseres Begleiters?

VON CHARLES A. WOOD



Wie eine schmale Sichel schmiegt sich das Mare Frigoris an den Nordrand des Mare Imbrium.

GARY SERONIK

So finden Sie die Meere

ANTONÍN RÜKL

Mare Frigoris 26

Das »Meer der Kälte« können Sie vom 21.10. bis zum 28.10. 2007 und vom 19.11. bis zum 31.11. 2007 beobachten.

Mare Crisium 10

Am schönsten wirkt das »Meer der Gefahren« am 28.10., 12.11. und 26.11. 2007, wenn es halb im Schatten liegt.

Fast alle großen Mondmeere oder Maria gehen auf alte Einschläge zurück und sind daher kreisförmig. Nur das Mare Frigoris (L 26 in den Lunar Top 100) – das Meer der Kälte – macht da eine Ausnahme. Dieser zweihundert Kilometer breite Bogen aus Lava erstreckt sich 1500 Kilometer von West nach Ost.

Sie finden ihn am Rand des Mare Imbrium – diese Lage könnte auch seinen Ursprung erklären. Frigoris ist nämlich nicht das einzige Meer, das sich an das riesige Einschlagbecken anschmiegt. Die Maria Vaporum und Insularum bilden mit den Buchten Sinus Medii und Sinus Aestuum einen Ring mit Imbrium (Bild links).

Es gibt noch weitere von Meeren umzingelte Becken. Wenn Sie den Hauptrand des Mare Crisium (L 10, Bild S. 92) genauer betrachten, dann finden Sie einen ähnlichen, wenn auch weniger auffälligen Lavabogen: Rings um Crisium reihen sich Lacus Bonitatis, Mare Anguis und Mare Undarum aneinander. Diese kleineren Mondmeere liegen relativ niedrig.

Um ihre Entstehung zu begreifen, muss man wissen, dass sehr große Becken – anders als typische Einschlagkrater – mehrere Randwälle besitzen. Meteoriteneinschläge, die Vertiefungen mit einem Durchmesser von mehr als dreihundert Kilometern verursachen, lassen innerhalb des Hauptbeckens auch eine Reihe konzentrischer Ringe entstehen und außerhalb davon so genannte Störungsstufen. Die Landschaftsformen, die wir als Becken bezeichnen, haben meist zwei bis sechs konzentrische Ringe und sollten treffender Mehrfachring-Einschlagbecken heißen. Diesen Aspekt illustriert das Orientale-Becken auf der Rückseite des Monds am besten – es ist das am wenigsten beschädigte Meer.

Obwohl Karten und Atlanten rund um Orientale sechs Ringe verzeichnen, sind nur drei davon deutlich zu erkennen. Am auffälligsten ist der 930 Kilometer breite Gebirgszug der Kordilleren – er ist teilweise sichtbar, wenn der Westrand des Monds durch die Libration zu uns geneigt ist. In diesem Gebiet befinden sich drei kleinere, hügelige Ringe. Einige Mondforscher spekulieren, dass zusätzlich noch zwei undeutliche Ringe außerhalb der Kordilleren existieren könnten.

Meere zwischen Ringwällen

In den tiefer gelegenen Gebieten zwischen den Orientale-Ringen sehen Sie zwei Lavapfützen namens Lacus Autumni und Lacus Veris. Die Lava, die diese »Seen« bildete, stieg offenbar durch Brüche, die mit den Ringen in Verbindung stehen, auf und sammelte sich dann im Zwischenraum.

Da Orientale fast unberührt ist, kann es dabei helfen, einige mysteriöse Merkmale älterer Becken zu erklären. Im Imbrium-Becken zum Beispiel ist das Apenninengebiet das Gegenstück zu den Kordilleren. Der Appenninenring hat einen Durchmesser von 1160 Kilometern. Außerhalb befindet sich ein weiterer, 1700 Kilometer gro-

Große Auswahl, kompetente Beratung, guter Service!

Aber damit geht es bei uns erst los! Bevor wir zu einem bestimmten Kauf raten, wollen wir sicher sein, Ihnen auch wirklich das Optimum des Verfügbaren in Bezug auf Ihre Bedürfnisse, Größe, Transportabilität, Qualität und Preis aus der Vielzahl der Marktanbieter herausgesucht zu haben. Wir stellen auf Wunsch das Instrument nicht nur auf, sondern wir weisen ein, beraten beim Zubehör, geben Ihnen Beobachtungstipps, ja wir beobachten auf Wunsch sogar mit Ihnen, um Ihnen den Einstieg in Ihr neues Hobby so angenehm und so einfach wie nur möglich zu machen.

Und wenn's denn eine eigene Sternwarte sein soll, haben wir auch die passenden Beobachtungs-Kuppeln dazu. Von 2,3m über 3,2m bis 4m als preisgünstige Standardmaße und darüberhinaus als Sonderanfertigung bieten wir unsere Kuppeln nun bereits seit vielen Jahren in Europa an. GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) als aus dem Bootsbau bekanntes und bewährtes Material bietet sich für Kuppeln ideal an. Unsere GFK Astro-Kuppeln sind mehrteilige, verwindungssteife und formschöne Kuppelkonstruktionen aus Glasfaser-Polyesterkunststoff mit einem Kopfüber-Schiebetor und einer

NEU: 20x80 Groß-Fernglas mit Panorama-Montierung und Stativ - *jetzt nur € 799,00!*

Preis-Reduzierung!

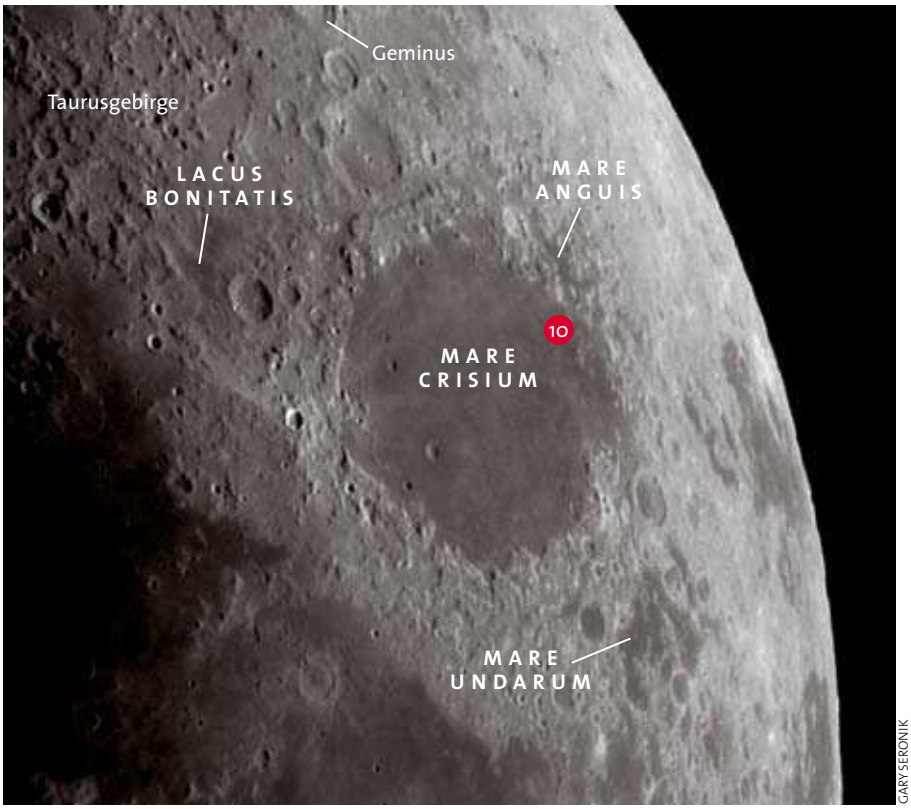
Ausstell-Horizontklappe (Größen ab 5m können alternativ mit seitlich verschiebbaren Toren hergestellt werden – wie zB. „Mount Palomar").

Profitieren Sie von der über 20-jährigen Erfahrung unserer Mitarbeiter, sprechen Sie mit unseren Fachkräften und vereinbaren Sie einen unverbindlichen Beratungstermin in unserem Ausstellungsraum. Wir freuen uns darauf, Sie bei uns begrüßen zu dürfen!

Viele weitere interessante Produkte sowie eine aktuelle Schnäppchenliste mit günstigen Angeboten finden Sie im Internet unter **www.astrocom.de**!

ASTROCOM

ASTROCOM GmbH/Abt. 3 • Fraunhoferstraße 14
D-82152 MÜNCHEN-Martinsried
☎ ☺ (089) 8583 660 • Fax (089) 8583 6677
eMail: service@astrocom.de • www.astrocom.de



GARY SERONIK

Rund um das Mare Crisium verteilen sich mehrere kleine Lavabecken – sie grenzen an den inneren Ringwall von Crisium an.

ßer Ring. Teilweise wird er vom Nordufer des Mare Frigoris begrenzt. Möglicherweise hat die Lava von Frigoris eine ausgedehnte Vertiefung zwischen zwei Beckenringen gefüllt, so ähnlich, wie dies bei Lacus Veris und Lacus Autumni außerhalb von Orientale geschah. Doch es gibt ein Problem mit dieser Erklärung: Einmal abgesehen von dem Frigoris-Ufer und ein paar verstreuten Gipfeln gibt es kaum Hinweise auf einen dazugehörenden Ring!

Verborgene Riesenmeere?

Beim Crisium-Einschlagbecken verläuft der am besten erhaltene äußere Ring durch den Krater Geminus und am Südrand der Taurusberge entlang. Der Zwischenraum zwischen dem Geminus-Ring mit einem Durchmesser von 1075 Kilometern und dem gebirgigen Hauptring von Crisium mit einem Durchmesser von fünfhundert Kilometern ist relativ flach. Innerhalb dieser Zone finden wir die kleinen Marepfützen von Bonitatis, Anguis und Undarum.

Können diese Ringe und Pfützen wirklich Mare Frigoris erklären? Möglicherweise ja – mit Sicherheit wissen wir es jedoch nicht.

Der nahe gelegene Oceanus Procellarum ist ein weiteres bogenförmiges Meer. Es erstreckt sich über 2000 Kilometer auf der Westseite des Monds. Lange Zeit wurde es nicht als kreisförmiges Meer angesehen, aber möglicherweise stellt Procellarum das westliche Drittel einer 3200 Kilometer weiten, runden Senke dar. Für dieses mutmaßliche Becken bietet die Literatur unterschiedliche Grenzen und Bezeichnungen an: Mal heißt es schlicht Procellarum-Becken, mal anschaulich Gargantuan Basin (Riesenbecken).

Einer Interpretation zufolge gehören zu dem Hauptrand des Riesenbeckens das Westufer von Procellarum und das Nordufer von Frigoris, er ist aber im Süden schlecht definiert. Nach einer anderen Theorie ist der Nordrand von Frigoris die Grenze eines inneren Rings, der zu einer Struktur gehört, die fast zwei Drittel der Mondvorderseite ausmacht. Ob dieses gigantische Procellarum-Becken wirklich existiert, bleibt umstritten – aber wenn das der Fall ist, müsste Frigoris eigentlich mit ihm verknüpft sein.

Egal, welche Erklärung nun stimmt: Frigoris dürfte auf jeden Fall von Einschlagbecken herrühren – bei den meisten anderen Meeren verhält es sich schließlich genauso. <<

CHARLES A. WOOD *betreibt die Internetseite Lunar Photo of the Day (lpod.org).*

IN KÜRZE

Das Mare Crisium ist ein Mondmeer in einem großen Einschlagbecken. Sein Durchmesser beträgt über 400 Kilometer.

Mare Frigoris ist ein bogenförmiges Meer, dessen Entstehung ungeklärt ist. Es ist etwa so breit wie Italien, aber um die Hälfte länger.

Die Mondmeere sind große Tiefebenen, die vor 3,1 bis 3,8 Milliarden Jahren von Lava überflutet wurden. Auf der uns zugewandten Seite des Monds gibt es mehr als auf der erdabgewandten Seite.

DIE LUNAR TOP 100

mit den schönsten Zielen auf unserem Trabanten finden Sie in AH 7-8/2004, S. 54, oder im Internet unter astronomie-heute.de/LunarTop100.

FELDSTECHERTIPP

DER DOPPEL-STERNHAUFEN

Eines kann man mit Sicherheit behaupten: Wer ihn kennt, liebt ihn, und wer ihn noch nicht kennen gelernt hat, wird auf der Stelle von ihm hingerissen sein: h und Chi Persei (h & χ Per, auch NGC 869 und NGC 884 genannt), der Doppel-Sternhaufen im Perseus.

Die beiden offenen Sternhaufen bilden ein echtes Paar in etwa 7000 Lichtjahren Entfernung zu unserem Sonnensystem – der einzige bekannte Doppel-Sternhaufen in unserer Milchstraße. Schon vor über zweitausend Jahren war dieses Objekt des Herbsthimmels bekannt, wie Aufzeichnungen des griechischen Astronomen Hipparchos zeigen. Aber erst der berühmte englische Himmelskartograf John Flamsteed (AH 7-8/2007, S. 22) erkannte h und Chi bei seinen Beobachtungen im 18. Jahrhundert als Sternhaufen.

An einem dunklen Standort ist die Ansammlung der insgesamt etwa dreihundert Sonnen 6., 7. und 8. Größe als ein etwas länglicher, verschwommener Fleck mit dem bloßen Auge erkennbar. Sie finden die Sternhaufen ganz einfach, indem Sie die Linie Gamma und Delta Cassiopeiae (γ und δ Cas, siehe Foto) um das Doppelte in Richtung Perseus verlängern.

Aber erst ein Fernglas macht die wahre Natur des Doppels sichtbar und wirklich unwiderstehlich: zwei leuchtende Sterninseln, dicht gepackt mit zumeist blauweißen und einigen orangefarbigen Sonnen – ein wunderschöner Farbkontrast. Die Außenbereiche der Haufen verschmelzen fast unmerklich mit dem sternreichen Hintergrund der Milchstraße. Dieser Anblick ist einzigartig und auch nach Jahren nie langweilig!

Ein größeres Fernglas mit siebzig Millimeter Durchmesser und 15-facher Vergrößerung etwa öffnet den Blick für ein besonders schönes Detail in NGC 869: eine winzige halbkreisförmige Kette aus mehreren Sternen und einer einzelnen hellen Sonne gegenüber diesem geschwungenen Bogen. Dafür benötigen Sie jedoch auf jeden Fall ein Stativ.

>> *LAMBERT SPIX*

Vergessen Sie den Liegestuhl nicht – diese Region steht hoch am Himmel.

ECKHARD SLAWIK

VdS

Vereinigung der Sternfreunde e.V.

Deutschlands größter Astronomieverein!

★ Über 4000 Mitglieder!
★ Mitgliederzeitschrift „VdS-Journal für Astronomie“, 3x pro Jahr mit mehr als 420 Seiten praktischer Astronomie
★ Kostenlose Beratung und Betreuung von Mitgliedern
★ 20 Fachgruppen, die Sie beraten
★ VdS-Sternwarte Kirchheim e.V.
★ Jugendlager und Exkursionen
★ Rabatte bei Abonnements für „Sterne und Weltraum“ und „Astronomie Heute“
★ Aktuelle Informationen auf unserer Website: www.vds-astro.de
★ Jahresbeitrag nur 30,- EUR, 20.-EUR ermässigter Beitrag

Werden Sie Mitglied!

Fordern Sie kostenloses Infomaterial an:

Vereinigung der Sternfreunde e.V.
Geschäftsstelle · Am Tonwerk 6
D-64646 Heppenheim
Fax: 0 62 52 / 78 72 20
info@vds-astro.de

www.vds-astro.de

TV-PROGRAMM

SAMSTAG, 20. OKTOBER

STERNSTUNDEN (2/4): SCHWARZE LÖCHER – MATERIEFRESSER IM ALL
Seit Urzeiten fasziniert das Funkeln der Sterne die Menschheit. Das größte Geheimnis am nächtlichen Himmel aber lauert in der Dunkelheit. Fast jeder hat schon davon gehört, aber noch niemand hat es gesehen: ein Schwarzes Loch, das alles verschlingt. Den Astronomen jedoch sind diese Monster bestens bekannt. Der Film wirft Licht auf diese finsteren Gesellen und gibt Einblick in den aktuellen Stand der Forschung
Phoenix, 18.30 Uhr, 45 Min.

SONNTAG, 21. OKTOBER

PHOENIX – THEMA RAUMFAHRT
0.45 Uhr: Helden im All – Der steinige Weg zu den Sternen, 45 Min.
1.30 Uhr: Kalter Krieg im All, 55 Min.
2.25 Uhr: Hallo Erde, hier ist der Mond – Ein Wiedersehen mit den Apollo-Astronauten, 45 Min.
3.10 Uhr: Siegesbeute – Deutsche Raketen-Spezialisten im Dienste Stalins, 45 Min.
3.55 Uhr: Ufos, Lügen und der Kalte Krieg, 50 Min.
4.45 Uhr: Count-down im Urwald – Mit Ariane 5 ins All, 45 Min.
5.30 Uhr: Die Columbia-Tragödie – Amerika trauert, 20 Min.
5.50 Uhr: Die Rückkehr des Space Shuttle – Return to Flight, 25 Min.
6.15 Uhr: Mission 2018 – Odyssee zum Mars, 45 Min.
7.00 Uhr: Die Mission des Thomas Reiter, 30 Min.

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

Auch Ihr Termin kann hier kostenlos stehen! Für die Januar/Februar-Ausgabe schicken Sie bis zum 15. November 2007 eine E-Mail an: redaktion@astronomie-heute.de

STERNSTUNDEN (3/4): SUCHE NACH NEUEN SONNENSYSTEMEN
Seit jeher stellen sich die Menschen die Frage: Gibt es Sonnensysteme im Universum, die unserem ähnlich sind und somit einen Planeten wie die Erde beherbergen könnten?
Phoenix, 20.15 Uhr, 45 Min., Wdh. 22.10., 19.15 Uhr, 27.10., 18.30 Uhr

SONNTAG, 28. OKTOBER

STERNSTUNDEN (4/4): DAS SCHICKSAL DES UNIVERSUMS
Astronomen und Physiker suchen mit immer größeren Teleskopen und leistungsfähigeren Raumsonden Erkenntnisse über Geschichte und Zukunft des Universums
Phoenix, 20.15 Uhr, 45 Min., Wdh. 29.10., 19.15 Uhr, 3.11., 18.30 Uhr

MONTAG, 29. OKTOBER

50 JAHRE SPUTNIK (1/2): DIE SPUTNIK-STORY
Diese kleine Reihe handelt von Mythos und Wirklichkeit des ersten künstlichen Erdtrabanten, aber auch vom Schicksal desjenigen, der den Sputnik erst möglich machte: Sergej Koroljow
Phoenix, 20.15 Uhr, 45 Min., Wdh. 30.10., 7.30 Uhr

50 JAHRE SPUTNIK (2/2): DIE GAGARIN-STORY
Der zweite Teil der Sputnik-Dokumentation blickt hinter die Kulissen der Heldeninszenierung. Interviews mit Weggefährten geben erstaunliche Einblicke in die Geschichte des Kosmonauten Nr. 1
Phoenix, 21.00 Uhr, 45 Min., Wdh. 30.10., 8.15 Uhr

DONNERSTAG, 1. NOVEMBER

EVIL ALIEN CONQUERORS
In dieser Sciencefictionkomödie werden die beiden Aliens My-ik und Du-ug auf die Erde geschickt, um diese innerhalb von zweieinhalb Tagen zu vernichten. Doch schon die Anreise erweist sich als harte Probe für die chaotischen Eroberer. Auf der Erde lernen sie die amerikanische Kultur lieben – so sehr, dass es ihnen schwer fällt, ihre Mission im Auge zu behalten …
Sci Fi, 21.55 Uhr, 89 Min.

FREITAG, 2. NOVEMBER

PHOENIX – THEMA RAUMFAHRT
Wiederholung vom 21. Oktober, Programmablauf und Sendezeiten wie dort
Phoenix, 0.45 bis 7.30 Uhr

DONNERSTAG, 8. NOVEMBER

PLANET WISSEN: DIE ERDE – VON PLATTEN, BEBEN UND VULKANEN
Herauszufinden, was im Innern der Erde vor sich geht und welche Auswirkungen das noch bis weit in den Weltraum hat, ist eine spannende Aufgabe für Geowissenschaftler. Zu Gast ist Prof. Jochen Zschau vom Geoforschungszentrum Potsdam
SWR 3, 15.00 Uhr, WDR 3, 15.00 Uhr, Bayern alpha, 16.15 Uhr, Wdh. 9.11., Bayern alpha, 6.15 Uhr, WDR 3, 8.20 Uhr, jeweils 60 Min.

REGELMÄSSIGE SENDUNGEN:

DIE VIER ELEMENTE
16-teilige Sendereihe mit Prof. Harald Lesch über die vier Grundelemente Feuer, Wasser, Luft und Erde. Der bekannte »Fernsehprofessor« schlägt dabei einen Bogen von den antiken Vorstellungen bis zur heutigen Physik
12. Folge: Fr. 26.10., Wdh. Mo. 29.10., 9.30 Uhr
13. Folge: Fr. 2.11., Wdh. Mo. 5.11., 9.30 Uhr
14. Folge: Fr. 9.11., Wdh. Mo. 12.11., 9.30 Uhr
15. Folge: Fr. 16.11., Wdh. Mo. 19.11., 9.30 Uhr
16. Folge: Fr. 23.11., Wdh. Mo. 26.11., 9.30 Uhr
Bayern alpha, jeweils 15 Min.

ALPHA CENTAURI
Im Jahr 2007 gibt es keine neuen Folgen, stattdessen jedoch Wiederholungen auf Bayern alpha (mittwochs Erstsendung um 22.45 Uhr, Wdh. donnerstags um 9.30 Uhr und sonntags um 20.00 Uhr). Zusätzlich wurde zu Beginn der Space Night Classic ein Sendeplatz eingerichtet

EVENTS

PLANETARIUM BOCHUM

Wanderausstellung »Das Reich der Sonne – Heimat der Menschheit«

NOCH BIS DEZEMBER: Die Wanderausstellung »Das Reich der Sonne – Heimat der Menschheit« zum Heliophysikalischen Jahr 2007 gastiert in der Wilhelm-Förster-Sternwarte, Berlin, sowie im Mediendom der Fachhochschule Kiel. Internet: wfs.be.schule.de und www.mediendom.de
Informationen zur Ausstellung und die künftigen Stationen finden Sie unter ieap.uni-kiel.de/et/ag-heber/ihy2007

26.–28.10. 5. CCD-Workshop 2007, veranstaltet von der Schwäbischen Sternwarte e. V. und dem Carl-Zeiss-Planetarium Stuttgart. Anmeldung: Geschäftsstelle Schwäbische Sternwarte e. V., Seestraße 59 A, 70174 Stuttgart, Tel. 0711 2260893
E-Mail: ccd2007@sternwarte.de
Internet: sternwarte.de/verein/ccd-ws

5.–23.11. Bilderausstellung der Würzburger Volkssternwarte in der Hauptstelle der Sparkasse Mainfranken, Hoftstraße 9, 97070 Würzburg
Internet: sternwarte-wuerzburg.de

11.11. Jubiläumsvortrag 50 Jahre Raumfahrt: Der Blick zum blauen Planeten Erde.
Wie wirkt sich die globale Erwärmung auf unsere Umwelt aus? Mit welchen Methoden versucht man, Katastrophenhilfe zu koordinieren oder Veränderungen in den Alpen zu dokumentieren? Bei all diesen Problemen helfen Satelliten im Erdorbit.
Referent: Mathias Schardt von der TU Graz
Zeit: 11.00 bis 12.30 Uhr
Ort: Planetarium Wien, Oswald-Thomas-Platz 1, 1020 Wien

17.11. 26. BoHeTa – Bochumer Herbsttagung. Jedes Jahr gegen Ende Oktober oder Anfang November treffen sich bis zu 300 Amateurastronomen in Bochum. Den ganzen Tag über gibt es zahlreiche Vorträge
Ort: Ruhr-Universität Bochum
Internet: boheta.de

23.11. Gastvortrag: Ist Astrologie Glaubenssache?
Ob Horoskope gültige Aussagen erlauben, die über einige Zufallstreffer hinausgehen, darüber wird immer wieder gestritten. Wie kann man dies systematisch und ergebnisoffen überprüfen, sodass die Resultate von Astrologen und von deren Kritikern anerkannt werden?
Referent: Edgar Wunder, Gesellschaft für Anomalistik e. V.
Ort: Robert-Mayer-Volks- und Schulsternwarte, Bismarckstraße 10, 74072 Heilbronn
Zeit: 20.00 Uhr
Internet: sternwarte.org

24.11. 12. HATT – Ausstellung für Amateurastronomen. Zum zehnten Mal findet der »Hattinger Astronomie- und Trödeltag« statt: mit Ausstellungen von Amateurastronomen, der Vorstellung von Amateur- und Volkssternwarten sowie Gelegenheit zum Erfahrungsaustausch. Im Angebot finden Sie Teleskope aller Bauarten, sämtliches Astro-Zubehör und Ersatzteile, Bücher, EDV und astronomische Erlebnisreisen
Veranstaltungsort: Aula der Realschule Grünstraße, 45525 Hattingen
Zeit: 10.00 bis 16.00 Uhr
Internet: sternwarte-hattingen.de

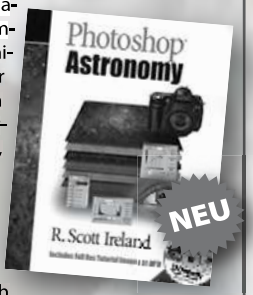
Atlas der Messier-Objekte

Eine gelungene Mischung aus Beobachtungshilfe und Bildband. Das großzügige Format und die aufwändige optische Gestaltung machen die Lektüre zu einem echten Genuss! Eine derartig umfangreiche und vollständige Darstellung zu den Messier-Objekten hat es bisher in deutscher Sprache noch nicht gegeben. Die Beschreibung zu den Objekten gliedern sich in die Abschnitte Historie, Astrophysik und Beobachtung. Gleichgültig ob das Interesse eher historisch, theoretisch oder praktisch ausgerichtet ist, kommt jeder mit diesem Buch auf seine Kosten.

€ 59⁹⁰

Photoshop Astronomy

Der Autor arbeitet seit fast 10 Jahren mit Photoshop, um seine Astrofotos zu bearbeiten. Die dabei gemachten Erfahrungen hat er in diesem speziell auf die Bedürfnisse des Amateurastronomen zugeschnittenen Buch gesammelt. Die behandelten Themen sind unter anderem: die technische Ausstattung, Farbmanagement, Histogramme, Maskierungstechniken, Addition mehrerer Bilder, Korrektur von Vignettierungen, korrektur von Farbhalos, Deformationen oder überbelichteten Sternen, LRGB und vieles mehr. Auf der beigefügten DVD befinden sich alle im Buch besprochenen und verwendeten Beispielbilder.



€ 39⁹⁰

Astronomik UHC-E

Diese neue Variante des UHC-Filters ist eine günstige Ergänzung unseres Angebotes. Gegenüber dem Profi UHC-Filter ist die Halbwertsbreite etwas größer, die Transmission etwas geringer (typisch 94% gegen 98%). Dadurch liefert etwas weniger kontrastreiche Bilder an größeren Fernrohren. Durch seine Eigenschaften können wir den UHC-E-Filter als preiswerte Alternative für Geräte bis 15cm Öffnung empfehlen.

ab € 65⁰⁰

astro-shop
Eiffestr. 426 • 20537Hamburg
Telefon 040 / 511 43 48 • FAX 040 / 511 45 94
www.astro-shop.com/ahoi

ARTIKELWETTBEWERB – DIE GEWINNER

Im Juli riefen Sterne und Weltraum und astronomie heute ihre Leser auf, bis 31. Juli einen Artikel über ihr schönstes Reiseerlebnis einzusenden. Die Jury aus Mitgliedern beider Magazine nahm über zwanzig Einsendungen in die Endauswahl

1. Platz: Wiebke Fock gewinnt für »Eine Nacht unter Namibias funkelndem Himmelszelt« den Reisegutschein von Wittmann Travel im Wert von 1000 Euro.

Die Plätze 2 und 3 belegen **Anthony Armour** und **Jürgen Gruber**. Die Redaktionen vergeben hierfür je einen Sachpreis.

Die Gewinner werden schriftlich benachrichtigt. Herzlichen Glückwunsch!

ULRICH BEINERT

Komplette Ausrüstung Einmalige Gelegenheit! Vk. aus Alters-/Gesundheitsgründen. Alles neuw. mit OVP.: C9 mit D-5 Baader-Folie in Fassung (1300,–); Lille-System Ha 30 / 30 kompl. m. Baader Cool-ERF-Filter,T-2 Maxbright-Zenitspiegel, Zeiss-TZ-4, mit Koffer maximiert auf Vixen-Refraktor ED 115 und Baader-Zeiss-Großfeld-Bino (4500,–); Vixen ED 115 mit LED-Sucher (2900,–); Baader-Großfeld-Bino-Zenitspiegel und Astro Physics 2-Zoll-Zenitspiegel (250,–); Baader-Okulare Eudiaskopisch – jeweils zwei Stück (Bino-Einsatz) 35 mm, 20 mm, 15 mm, 10 mm, 7,5 mm, LV-Vixen 40 mm 1fb Zoll und ein Baader Weitfeld-Erfle 40 mm 2 Zoll (1350,–); Diverses Zubehör: Televue 2fach Barlow; Schnellwechsler; Deluxe-Klemme 2 Zoll, ClickLock, UHC-Filter 2 Zoll, Baader GWK 2.6 usw. (250,–). Tel.: 069 309033

Meade 10 Zoll LX200 classic (sehr gute Optik); Zub.: Transporttasche, Sucher 8fk50, Focal Reducer f/6,5; elektr. Fokussiermotor, Fokaladapter, 2 Zoll Zenitspiegel, Tele-Extender 3,6 Zoll Anschlußadapter mit T2-Gew. für CCD-Kameras (Spezialanf., Neupreis 1500.– DM), 12-18 Volt-Konverter, Okulare: 26 mm, 18 mm SWA, 13,8 mm SWA; komplett: 3000,– Euro VHB. Tel.: 07661 9073099

Spiegel-Teleskop Pluto / S Marke: Bresser Optik Reflektor Art. 45/42000 – Bausatz – (neu). Spiegel 114 mm; Brennweite 500 mm. Günstig abzugeben. Tel.: 07031 673420

C14 (Optik / Tubus) mit Rohrschellen und Stativ, sehr guter Zustand, für 3000,– Euro. Tel.: 0170 1595436

Sternwarteninstrument 60cm-Newton in Gabelmontierung wegen Vergrößerung meines Instrumentariums gebe ich mein derzeitiges Instrument samt Gabelmontierung ab. Infos auf Anfrage dazu gibt es per Mail, Bilder zu dem Instrument unter www.observatorium.at, office@observatorium.at

Celestron C8 mit Justierrändelschrauben, Spiegellüfter, Lufteintritt vorne unter Prismenschiene, großer Fokussierknopf, gefedert gelagerte Fokussierspindel, GP Prismenschiene, Leitrohrschellenflansche, LED Peilsucher, original Celestron Taukappe. VB: 690,–. Tel.: 0172 5169442

Einfamilienhaus mit ELW Niederrhein in Kalkar am Niederrhein zu verkaufen, wovon ich meine, dass es für die Astronomie günstig gelegen ist. Tel.: 02824 4139, Mingels@t-online.de

10 Jahrgänge »Sterne und Weltraum« 1996–2006 komplett (außer Sonderhefte). Preisvorstellung: 100 Euro. Abgabe nur komplett gegen Portoübernahme oder an Selbstabholer Raum Bremen (Ottersberg). Fragen bitte per E-Mail: J.S.Koester@web.de

Celestron NexStar 6 oder 8 SE gesucht, mit Zubehör, ggf. auch Selbstabholung. Tel.: 0172 9891314, hilde.haslreiter@gmx.de

Vixen New Atlux Montierung mit SkySensor2000 und orignal Stativ zvk., ca. 2 Jahre alt, top Zustand: 3900 Euro. sternfreund1980@hotmail.de

Star Observer / Astronomie Heute; SO-Sonderhefte 1–10, SO-Einzelhefte ab 3/94 bis 9/05 und AH-Einzelhefte ab 10/05 für 1,– Euro pro Heft zzgl. Porto abzugeben. Tel.: 06034 939182, StefanNiddatal@aol.com

Celestron Spiegelteleskop, Antrieb in beiden Achsen. Motorischer Fokus, Standardokular, normale Handsteuerung, Vk. 600 Euro nur an Selbstabholer, da zu schwer zum Verschicken. Teleskop ist bei mir in der Sternwarte montiert, Fotos kann ich auf Wunsch zuschicken. Tel.: 06645 470994, aldebaranm42@hotmail.com

GSO-Dobson-Spiegeltelekop, D=250 mm, f=1250 mm, wenig benutzt, Sucher 8fk50, 2 Plössl-Okulare 9 u. 25 mm. VB: 400 Euro. Tel.: 07531 44023, h.matzalik@t-online.de

Newton-Spiegel 18" (amerik. »Galaxy«) zvk., Durchmesser: 18" = 45 cm, f: 4,5, 1a Qualität. Dazu gratis:

Private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von astronomie heute kostenlos!

Abonnenten können eine private Kleinanzeige pro Monat mit bis zu fünf Zeilen à 40 Anschläge kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– €. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Rechnung oder dem Adressträgerblatt.

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise: bis zu drei Zeilen: 22,– €, jede weitere Zeile: 5,– €. Die Veröffentlichung im Internet ist auch für Nichtabonnenten kostenlos.

Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer des jeweiligen Hefts.

Bitte geben Sie Ihre Kleinanzeige im Internet ein unter astronomie-heute.de/kleinanzeigen oder senden Sie sie wie gewohnt an:

Spektrum der Wissenschaft
Redaktion **astronomie heute**
Slevogtstr. 3–5, 69126 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de

Der Einsendeschluss ist vier Wochen vor Erscheinen des Hefts.

www.fernrohrland.de

TMB bei FERNROHRLAND

Weltweit zählen die 3-linsigen TMB Apos mit zu den beliebtesten und besten Apos ihrer Klasse

80/480: OT	1.295,- €
80/600: OT	1.295,- €
105/650: OT	2.677,- €
115/805: OT	2.915,- €
130/780: OT	4.990,- €
130/1200: OT	4.695,- €
152/1200: OT	7.990,- €
175/1400: OT	12.995,- €
180/1260: OT	16.995,- €
203/1420: OT	24.990,- €
203/1800: OT	19.990,- €
228/2050: OT	31.990,- €

Viele Geräte ab Lager lieferbar

ab 1295,- €

TMB Apos sind auf der Achse korrigierte Systeme, die ihre volle Leistung im visuellen Bereich ausspielen, das heißt: Perfekte Farbkorrektur, höchste Kontrast- und Schärfeleistung, beste Korrektur von sphärischer Abberation.
Aber auch fotografisch in Verbindung mit speziell gerechneten Bildfeldebnungslinsen entsprechen **TMB Apos** den professionellen Anforderungen.

Auf über 250m² halten wir ein Warenlager und eine Teleskopausstellung für Sie bereit.

Ladenöffnungszeiten: Mo.-Fr. 8:30 - 13Uhr / 14 - 18Uhr
Home: www.fernrohrland.de • **eMail:** info@fernrohrland.de

Fernrohrland by PHOTO UNIVERSAL • Max-Planck-Str. 28 • 70736 Fellbach (bei Stuttgart) • Tel 0711/ 9 57 60 -17 oder -45 Fax -40

FERNROHRLAND

SATTLEGGERs ALPENHOF
EMBERGER ALM

Astrourlaub UND Wintersport sind HIER kein Widerspruch!

Zwei gut ausgestattete Sternwarten (12" + 17,5") auf 1.800m Seehöhe, viel Platz, ein perfekter Sternhimmel UND wunderschöne Pisten erwarten Sie.

Sattleggers Alpenhof und Ferniensternwarte
Emberger Alm 2, 9771 Berg/Drautal, Österreich
Tel.: +43/4712/796, Fax: +43/4712/796-6
www.alpsat.at, mail: office@alpsat.at

ITT (Internat. Teleskoptreffen): 2.10. - 5.10.2008 Buchen Sie rechtzeitig!

Der Astromarkt von **astronomie heute** und Sterne und Weltraum bietet Ihnen die Möglichkeit, zu besonders günstigen Konditionen auf Ihre Angebote hinzuweisen. Wollen auch Sie Ihre Produkte oder Dienstleistungen hier vorstellen? Wir beraten Sie gern! Infos bei Karin Schmidt (schmidt@spektrum.com)

Dobson Gittermontierung + Poncet Plattform 3fach motorisiert, VB 3000.–. Tel.: 08170 471

15 Zoll Spiegelset Deine Gelegenheit, mit Gebrauchtspuren und Kratzer, visuell unerheblich, mit brillianter Sternenabb. für 879,– abzugeben, Test mögl. Pyrex, Discorvery (Premium?). Tel.: 08249 1600

Meade LX 200 SCT Classic Verkaufe Meade 10" LX 200; Okulare 10, 15, 26 u. 40 mm; Zenithpr.; Fokal-/Projektionsadapter; OIII-Nebelfilter; 4 Farbfilter; 3 Gegengewichte. Alles kaum benutzt, Abholung. VB 2350 €! Tel.: 0234 476461, uli.kuesener@arcor.de

Neuer 2,7 Zoll AP-Okularauszug und Zubehör mit 60 mm Verlängerungshülse und 2 Zoll Klemme 395,– Euro. Dazu 2,7 Zoll AP Shapley-Linse 250,– Euro. W. Lille, Kirchweg 43, 21726 Heinbockel. Tel.: 04144 606996, Lille-Sonne@gmx.de

Tubus Vixen 120 S 120/800 mm, wie neu, inkl. Befestigung: Schwalbenschwanz. VB 900,– Euro für Selbstabholer. Tel.: 05522 82667

Vixen VC200OTA, 200/ 180mm, fotooptimiert, 200 mm Öffnung, 1800 mm Brennweite, Sucher, Prismenschiene, 2 Jahre alt, guter Zustand, selten benutzt, a.W. selbst genähte Tasche, VB 995,– €. E-Mail: info@astronomie-hobby.de, Tel.: 0173 6092552

Meade LX-D 55, Tubus 10" mit Montierung, Stativ G-3DX, + Okulare. Kauf 2003, Zustand : neuwertig. Interessierte bitte Kontakt aufnehmen unter Tel.: 07071 600355, sstockert@web.de

Abzugeben sind: 2 DD1 Steuergeräte (Stück VB 150 €), VX1 Kamera (VB 50 €). Tel.: 0171 4114452, dl7uba@freenet.de

Anleitung gesucht! Wer zeigt mir in seinem 8-12-Zoll-Newton (Dobson) einige Messier-Objekte. Großraum Odenwald bis Bergstraße und bis Main (wohne in 64711 Erbach). Belohnung: 2 Fl. sehr guter ital. Wein! Tel.: 06062 5239, erich.arnold@web.de

Meade LX200 GPS f/10 mit UHTC mit Stativ, Zubehör: Meade Netzteil 220V/12V #451 f. ETX, LX10, LX90, Meade Variables Polarisationsfiltersystem, Okularkoffer mit 10 Barlow Linsen. NP: ca. 4800,– Euro, VB: 3500,–. Tel.: 0173 1633935

Hübsche Ferienwohnung auf Korsika zvk. in pittoreskem Bergdorf in der Maronenwaldregion dem grünen Herzen der Insel: ca. 300 m/üNN klare Luft und Sichverh., optim. z. astron. Beob. – in 200 J. altem Landhaus, aus Natursteinen erbaut: 2 Z., Salon m. Kamin, Kü. m. Kamin, Bad, Flur, gr. Terasse (15 m lang) mit Weinpergola = priv. Park. + Grundst. (Obstgarten, bebaubar und Grundst. zum Holzabbau). Preis: vhb. astroclubcorsica.galaxia-mille stelle@hotmail.fr

Meade Deep-Sky-Imager mit Software: 80,– €, Tel.: 06657 918844, kontakt@skyhunter509.de

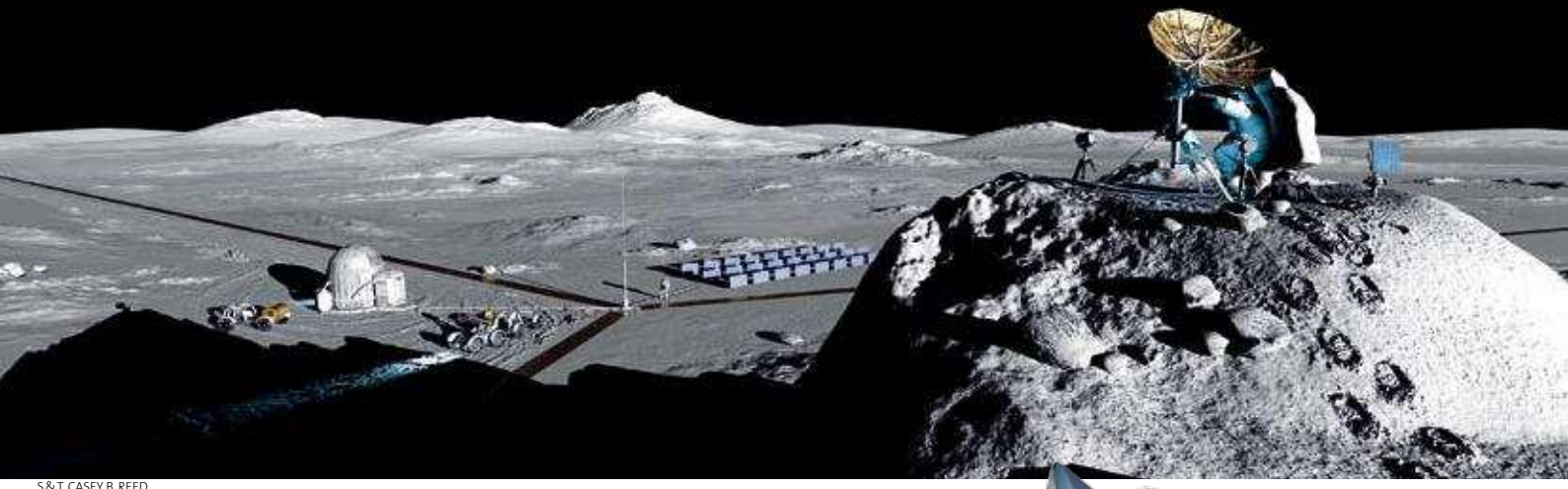
Teleskop Selbstbau Cassegrain System: Spiegel 230mm und 70mm Durchmesser, geschliffen von Gressmann (DDR). Runder Holztubus, 2"-Auszug von Astrophysics. Insgesamt leichte Gebrauchsspuren, ansonsten in gutem Zustand. Preis ist VHS. Tel.: 0162 8956825 oder 0209 811644, bewi54@web.de

TMB Apo 130/1200 mm CNC-LWII (Leichtbautubus) incl. 3,5"-Starlightauszug und Sucherfernrohr, Strehlwert 0,997, Prüfprotokoll, Selbstabholung. Preis: 3700 € (Bitte nur ernsthafte Anfragen!!). Tel.: 06268 1234, g.gramm@lycos.de

Meade LXD75 8"SN in sehr gutem Zustand. Gerät ist 1fh Jahre alt und wurde aus Zeitmangel fast nie benutzt. Ich verkaufe es in Originalverpackung und -ausstattung (Bedienungsanleitung hat deutliche Gebrauchsspuren). VB 1000,–€. E-Mail: joerg.ohrdorf@gmx.de

SCHWERPUNKT MOND

Wir nehmen Sie mit auf die Rückseite des Erdtrabanten, lassen Sie am Bau der ersten Mondstation teilhaben und erklären die Astronomie, die dort betrieben werden soll



S & T, CASEY B. REED

ESA / CORNELL U., JIM BELL / SSI, M. WOLFF

ILLUSTRATION: ESA / AEOS MEDIALAB

OPPOSITION

Schauen Sie noch mal genau hin – so nah kommt der Rote Planet die nächsten neun Jahre nicht mehr an die Erde heran!

MISSION HERSCHEL

Der Infrarotsatellit soll 2008 starten und wird dann das größte Weltraumteleskop sein. Lesen Sie, wie er funktioniert und welche Geheimnisse die europäischen Wissenschaftler mit ihm lüften wollen

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. Jakob Staude (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker (Ltg., Chef vom Dienst), Stephan Fichtner, Maike Pollmann (freie Mitarbeit)
Ständige Mitarbeit: Alexander Kerste, Dr. Monika Maintz, Dr. Frank Schubert
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove
Schlussredaktion: Katharina Werle (Ltg.), Christina Peiberg (stv. Ltg.), Sigrid Spies
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Mitarbeit an diesem Heft: Stephanie Hügler, Corinna Karow, Dr. Rainer Kayser, Carolin Konermann, Dr. Sven Titz
Redaktionsassistenz: Britta Feuerstein
Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-765, Fax: 06221 9126-769, **E-Mail:** redaktion@astronomie-heute.de
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, **E-Mail:** service@spektrum.com
Leserservice: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.com

Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck
Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker, Richard Zinken (Online)
Objektleiter Astronomie: Stephan Fichtner
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, 69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, Amtsgericht Mannheim, HRB 338114
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o ZENIT Pressevertrieb GmbH, Postfach 81 06 80, 70523 Stuttgart, Tel.: 0711 7252-192, Fax: 0711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22 706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70). Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten **astronomie heute** zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, 63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste von 2007.
Gesamtherstellung: L.N. Schaffrath Druck Medien Gmbh & Co. KG, 47608 Geldern

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2007 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728, www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope (S & T) und Night Sky: New Track Media LLC, 90 Sherman St., Cambridge, MA 02140, USA; President: Joel Toner; Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D. Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von **astronomie heute** wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.